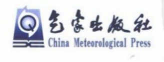
"十一五"国家科技支撑计划

2008BAC44B01-02专题成果

# 亚洲巨灾事件系统解析

高庆华　邓　砚　胡俊锋　陈建英　等著

Yazhou Juzai Shijian Xitong Jiexi










ISBN 978-7-5029-5460-4

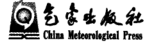
9 787502 954604 >

定价：30.00元

"十一五"国家科技支撑计划
2008BAC44B01-02 专题成果

# 亚洲巨灾事件系统解析

高庆华 邓 砚 胡俊锋 陈建英 等著



## 内容提要

本书以地球系统科学与自然灾害系统思想为指导，对亚洲巨灾事件的致灾因素、成灾环境、形成机制、时空分布规律、社会影响等进行系统解析，提出了进一步的研究方向和减灾对策。

本书可供自然灾害研究和减灾人员参考。

**图书在版编目(CIP)数据**

亚洲巨灾事件系统解析/高庆华等著. —北京：气象出版社，2012.4

ISBN 978-7-5029-5460-4

Ⅰ.①亚… Ⅱ.①高… Ⅲ.①区域自然灾害-研究-亚洲 Ⅳ.①X433

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 052290 号

---

**出版发行**：气象出版社

**地　　址**：北京市海淀区中关村南大街 46 号　　**邮政编码**：100081

**总 编 室**：010-68407112　　**发 行 部**：010-68406961

**网　　址**：http://www.cmp.cma.gov.cn　　**E-mail**：qxcbs@cma.gov.cn

**责任编辑**：张　斌　　**终　　审**：章澄昌

**封面设计**：博雅思企划　　**责任技编**：吴庭芳

**印　　刷**：北京中新伟业印刷有限公司

**开　　本**：787 mm×1092 mm　1/16　　**印　　张**：7

**字　　数**：180 千字　　**彩　　插**：2

**版　　次**：2012 年 4 月第 1 版　　**印　　次**：2012 年 4 月第 1 次印刷

**定　　价**：30.00 元

---

# 前　言

自然灾害自古以来就是人类生存和社会发展的大敌。进入20世纪70年代以来，由于人类活动造成的环境污染和环境破坏所引起的全球气候变化问题，逐渐受到全世界的关注。与此同时，全球自然灾害损失也在快速增长。尤其是近几年，非洲大旱、东南亚和欧洲大水、美国飓风等特大自然灾害频频发生；由于海平面上升，太平洋中一些岛国濒于覆灭的危境。因此，环境与灾害已成为世界各国社会经济发展的重大制约因素，保护环境、减轻灾害是全世界人民共同的责任。

亚洲是世界上面积最大的大陆，具有世界上最高的高原和山脉，世界上最深的海沟；是世界上最强大的环太平洋构造带和阿尔卑斯－喜马拉雅山构造带的交汇处；是世界上东风带和西风带影响最强烈的地区，受印度高压、西太平洋副热带高压、西伯利亚高压、鄂霍次克海高压等巨大的天气系统的共同控制；是厄尔尼诺和拉尼娜影响最严重的地区。因此，亚洲是干旱、热带气旋、暴雨、洪水、地震、海啸、风暴潮等灾害最集中的地区。亚洲的巨灾具有共同的致灾环境，需要联合研究才能认识自然灾害发生发展规律；巨灾及其灾害链往往使亚洲多个国家受害，需要共同建立灾害预警机制，协调建设防灾工程，互相支持、互相援助。因此，进行亚洲巨灾事件系统解析，开展亚洲减灾系统工程，对亚洲及世界都具有重要的意义。自然灾害是不分国界的，特别是处于同一个蕴灾区的各种自然灾害，如西风带控制范围内的各种气象灾害、西太平洋高压控制范围内的各种海洋气象灾害、环太平洋构造带范围内的地震地质灾害等，它们既有共性，又有特殊性，既有独立性，又有联系性，必须进行国际联合的综合研究，才能认识它们的发生发展规律，制定出科学协调的防灾减灾系统工程措施。

初步研究，亚洲可以造成巨灾的自然灾害主要有干旱、热带气旋、暴雨、洪水、海啸、风暴潮、地震、寒潮、森林大火等，其中对亚洲各国常有共同影响的是干旱、热带气旋、地震、暴雨和洪水，这些应该是研究的主要灾种。

巨灾的形成一般有两种情况。第一种情况，有些自然灾变，特别是等级高、强度大的自然灾变，不仅可以造成巨大的直接危害，而且在它的发生发展过程中，常常诱发出一系列的次生灾变与衍生灾变，形成灾变链，从而造成更大的危害。在众多的灾变链中，下面几种是最主要的：

(1)热带气旋灾变链。热带气旋是能量很大的自然灾变，它常常引起或诱发巨浪、风暴潮、暴雨，进而引发滑坡、泥石流等一系列灾变，形成热带气旋灾变链。

(2)干旱灾变链。干旱不仅可以使农作物减产或绝收，引发某些病虫害，而且可以使潜水面下降，促进土地沙化、地面沉降、地裂缝，构成干旱灾变链。

(3)地震灾变链。地震活动往往诱发出一系列次生灾变，如火灾、滑坡、泥石流、水灾、海啸、冻灾、疾病等，形成地震灾变链。

(4)寒潮灾变链。大范围、大幅度的冷气团活动，在同一天气过程中，往往造成多种气象灾

变,形成寒潮灾变链。

(5)暴雨灾变链。暴雨可以引起洪涝,触发滑坡和泥石流;由于湿度增加,还可引起一些生物灾害的流行,构成暴雨灾变链。

巨灾形成的第二种情况是,某些地区在不太长的时段内,可能连续遭受多种灾害侵袭,构成灾变群,从而造成巨大损失。特别是人口密集、经济发达,但防灾能力不足的地区,巨灾发生的概率更高。

灾变链和灾变群构成灾变系统,它可以影响一个国家,也可能影响多个国家。因此,灾变链、灾变群和灾变系统无疑应是研究与解析的重点。

巨灾灾变造成的损失是一连串的,既包括原生灾害造成的直接损失、间接损失、衍生损失,也包括灾变链造成的直接损失、间接损失、衍生损失,构成灾害系统。因此,灾害链、灾害群和灾害系统无疑也应是研究与解析的重点

巨灾的形成既有自然因素也有社会因素,因此为了对巨灾事件进行系统解析,必须从两个方面入手。正如专题任务书中要求的那样,在巨灾事件自然属性系统解析方面"应用系统解析方法,对巨灾数据进行统计和综合分析。系统解析内容侧重于巨灾的自然属性方面,包括巨灾事件时空分布特征、相关性解析、成灾方式解析,充分挖掘巨灾案例的各种信息,从多方面掌握巨灾事件的特征及其联系,形成亚洲巨灾事件系统解析成果";在巨灾事件社会属性系统解析方面"应用系统解析方法,对巨灾数据进行统计和综合分析。系统解析内容侧重于巨灾的社会属性方面,包括巨灾事件对社会造成冲击、损失和影响的解析,政府和社会应对巨灾事件措施的解析,充分挖掘巨灾案例的各种信息,从多方面掌握巨灾事件的特征及其联系,形成亚洲巨灾事件系统解析成果。"这是一项十分重要但又需要充分基础资料支持的工作。根据目前对亚洲巨灾事件研究的程度,只能选择典型案例进行系统解析。

我们认为,巨灾事件系统是自然灾变造成的巨灾彼此相联系的整体系统,主要受控于地球及各个圈层的整体运动和相互作用,以及太阳等天体的影响和作用。各种自然灾变以及各种巨灾事件造成的及其诱发的各种次生灾变与衍生灾变,都是这个整体系统中不同层次、不同性质的构成部分。自然灾变系统在发生和发展过程中对人类社会造成一定的影响,但人类的社会经济活动,也反馈于自然灾害系统,它们又共同促进自然环境的变异,而自然环境的变异对人类的生存和活动、自然灾变的形成和发展乃至地球及各个圈层的变化又进行着反馈作用和影响,所有这些都是地球表层系统乃至更大的地球系统发展变化中的一个层次。

巨灾事件致灾因素是十分复杂的,既有发生地的成灾环境因素;也有全球运动和全球变化因素;甚至还有太阳活动和天体运动因素。巨灾的发生往往引起一连串的次生灾害和衍生灾害。因此,对巨灾事件的解析需要以地球系统整体观为指导。

我国与亚洲各国虽然自古以来就深受自然灾害的危害,有关灾害的记录也有几千年的历史,但是将灾害作为一个有联系的事件,将有联系的各种灾害作为有联系的系统看待,正式提出灾害科学体系,是 20 世纪 80 年代的事情。以前对灾害的成因和时空分布规律,基本上只是现象的描述和就事论事的解释。20 世纪 80 年代以后,才将自然灾害系统作为地壳表层系统的一个组成部分,从全球运动和全球变化的整体进行研究。以研究汶川地震成因和时空分布规律而论,高庆华等在 30 多年对地震研究的基础上,已经从深大断裂控震的简单理念和局限性的板块控震理论,发展到对地球运动、地球形变;地壳运动;星球网格构造系统、两极旋转构造系统、低纬度旋扭构造系统的演变和影响;地槽和地台的发展和对动力作用环境的影响;南

北构造带、新华夏系、青藏歹字型构造等多种构造体系的复合；板块运动；地下热运动；天体活动等多种因素的综合考虑，并提出了"地震预测整体观"。然而目前这些也只是处于探索阶段，因此其成果的表达程度，仍停留在"研究"、"探索"。对其他灾害而言也大致如此，最高程度只是"分析"。

亚洲巨灾事件系统解析是一项难度很大的工作，其原因主要是：

(1)自然灾变作用过程和成灾机理是前沿性研究课题，涉及全球运动与全球变化等重大问题，众议纷纭，莫衷一是，专题力不能及；

(2)致灾因子与成灾环境是一个超出亚洲，复杂而需要更大范围调查的问题，不是专题的支持力度可以做到；

(3)绝大多数巨灾事件的调查研究提供的原始资料，不能满足系统解析的需求。

在这种情况下，课题的研究企图达到"亚洲巨灾事件系统解析"的程度是不现实的。从亚洲典型巨灾事件解析可知，巨灾事件的发生受着自然与社会双重因素的控制。巨灾事件形成的首要条件是发生巨大的灾变，其原因除了构造运动、岩浆活动、海水进退、气候变迁外还有地球的运动、太阳的活动以及其他天体活动的影响。因此，亚洲巨灾事件虽然发生在亚洲，但是究其原因则与全球运动和全球变化有关。所以，为了研究亚洲巨灾事件发生的原因与控制因素，不能局限于亚洲，而要眼观全球甚至天体的运动和变化。这些已经超出了专题的研究范围，为此我们整合了"亚洲巨灾成灾环境"和高庆华有关全球运动和全球变化及全球巨灾的研究成果，进行了系统分析(见图1)，编著了《亚洲巨灾成灾环境研究》一书。根据该书规律性的认识，对亚洲巨灾事件系统进行了系统解析，编写了本书。

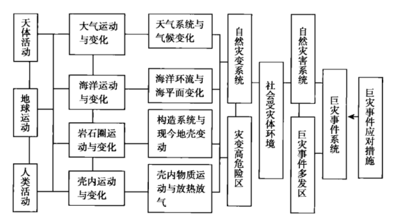



图1　巨灾成灾环境研究和巨灾事件系统解析构架图

本书是《亚洲巨灾调查分析技术及巨灾划分标准研究》课题第2专题的成果。专题由邓砚负责。在编写专著时，使用了高庆华对"世界巨灾致灾因素和成灾环境"等方面研究的资料。同时使用了其他专题组和参考文献中的资料，在此表示感谢。

# 目　录

# 第一章　巨灾事件等级标准相关问题解析

在所有的灾害中，对人类社会危害最大，破坏最严重，影响最深远的是巨灾。

何为巨灾？一般有两种理解：第一种理解巨灾是指强度大、等级高、影响范围广或持续时间长，有可能造成巨大损失的灾害（正确地说是灾变）；第二种理解是指损失巨大的自然灾害。前者可以说是巨灾形成的致灾因子；后者是巨灾的灾情。所谓巨灾事件，应该是指能量巨大的自然灾变，对社会受灾体侵袭、破坏、影响，以致造成巨大伤害、破坏和损失及其他不良后果的过程。

多大规模称为巨灾？一般认为，巨灾是指对人类生命财产造成特别巨大损失，对区域或全国社会经济产生严重影响的自然灾害事件。巨灾的主要标志是：受灾面积达一省或几省以至十几个省（区、市）的上百个县（市），受灾人口达几千万或1亿以上，死亡上千人或数万人，倒塌房屋几百万间或上千万间，几百万人或上千万人无家可归、生活严重困难或发生严重疫病，经济损失百亿元以上；农业生产受到严重破坏，几百万或上千万公顷农作物受灾；铁路、公路、桥梁、电站、水库、堤防以及电力、通信、矿山等工程设施大量破坏，成千上万企业停产、半停产，交通中断；资源环境受到严重破坏，甚至江河断流，湖泊干涸；当年以及灾后1～3年的产值、财政收入、个人收入明显下降；可持续发展能力严重削弱；社会矛盾激化，甚至造成严重社会混乱。

巨灾的标准是什么？由于灾种不同，灾害影响的范围不同，灾区受灾体的脆弱性不同，受灾情况和损失情况不同等原因，迄今关于巨灾划分的标准还没有统一的意见，这是必须解决然而尚不确定的问题。自然灾害等级标准，不仅是灾害调查和灾害评估的依据，也是划分与确定巨灾事件的关键，由此便成为需要首先解析以求尽快解决的问题。

## 第一节　自然灾害等级标准研究[1][5][6]

巨灾是灾害等级最高的灾害，确定巨灾事件标准，必须在研究与制定自然灾害等级划分标准的前提下进行。

### 一、自然灾害等级标准划分的意义

新中国成立初期，针对我国自然灾害严重、灾情调查呈报比较混乱的问题，内务部于1950年1月9日在《关于生产救灾的补充指示》中指出："对灾情掌握不够，夸大了，可能影响到有限的救灾粮分配不适当；缩小了，必然遇到严重现象发生，就手忙脚乱，拯救不及，这是救灾工作第一要注意的事。"尔后，1951年3月9日，刚刚成立的中央生产救灾委员会在《关于统一灾情计算标准的通知》中进一步指出，"各地计算灾情深度、标准不一，有碍对灾情之统一认识和正确掌握"。"经本月八日中央生产救灾委员会第八次会议决定：收成三成以下为重灾，六成以下

为轻灾，全年灾情按全年总产物收成统一计算。”不但明确提出了农作物灾情估算标准，而且要求“今后有灾地区民政、财政、农业水利等部门应一律按此标准计算灾情，以前中央内务、财政两部所定灾情标准不再使用”。这些规定对于规范我国自然灾害灾情统计，开展自然灾害评估起到了重要的作用。20 世纪 80 年代以后，我国社会经济迅速发展，自然灾害的影响越来越广泛，除了传统的农业领域外，对城镇和工业的破坏作用也越来越显著。因此，自然灾害灾情变得越来越复杂，涉及的内容越来越广泛，已有的自然灾害评估、标准和灾情统计工作，远不能适应社会经济发展的需要。在这种情况下，为了满足对灾情信息掌握的需要，许多部门(如统计、民政、水利、地震、气象等)制定和实施了一些部门或行业性的灾情统计规定或提出了自然灾害标准、评估的要求。这些规定或要求解释了有关的灾情概念和评估内容，规定了灾害评估方法、灾情调查统计方法和灾害等级划分标准，推动了灾害评估和灾情统计工作。但由于这些部门大多是从各自管理的某些单一类灾害特点出发，缺乏相互协调和对各种自然灾害灾情的总体考虑，所以存在比较严重的局限性；特别是关于灾情统计内容、建立的指标、评估方法、统计形式等都不统一，而且很少考虑灾害对社会发展的影响和社会减灾能力及承受能力，因此使减灾管理部门，特别是非专业性的政府综合减灾管理部门难以全面掌握灾情信息。

截至目前，我国尚缺乏统一的灾害等级标准体系。为了进行灾害调查、统计、评估，制定统一的灾害等级标准是一项首要的工作，这项工作似乎应该分四个阶段循序渐进地进行：

第一阶段：以灾害活动强度为基础，制定灾变等级标准；

第二阶段：以灾害损失程度为基础，制定灾度等级标准；

第三阶段：以灾害对社会发展影响程度为基础，制定灾害深度标准；

第四阶段：以灾害对社会发展影响程度和社会不可接受程度为基础，制定灾害社会不可接受程度等级标准。

这是一个非常复杂的研究课题。作者等虽然为此做了 20 多年的研究，但是客观地说，只是其中的一部分。

## 二、自然灾害活动强度等级的研究

20 世纪 80 年代以来，许多专家为了更深刻地认识自然灾害对人类生命财产和社会经济活动的影响，对各种灾害活动强度等级的划分进行了广泛而又深入的讨论。谢应齐、郑大玮等、杨青等讨论了干旱与旱灾、旱情与灾情的联系和区别，将干旱分为气象干旱、农业干旱、水文干旱、经济干旱等类型，并且结合防旱抗旱能力，分析了干旱的成灾过程，提出了量度旱情、灾情的等级指标。在洪涝灾害方面，闵骞、周魁一、徐宗学、周寅康、刘树坤等、陈玉琼等讨论了暴雨、洪水的成灾表现，从降水量、警戒水位高度、积水深度和时间、灾害重现期等不同角度提出了单次灾害事件和区域洪涝灾害程度的评判标志及等级划分方案，并结合灾害经济损失评估和保险核损需要，建立了洪涝程度与农作物减产比率的大致关系。在地震灾害方面，除了应用地震震级和地震基本烈度进行震害评估外，李闽峰等建立了烈度当量的概念，将其定义为单位面积(100 km×100 km)内完全遭受一次Ⅶ度破坏的量，以此建立标准当量值，通过对不同烈度区的烈度当量的换算，计算一次地震活动的总的烈度当量，据此评价地震活动强度；进而根据受灾地区人口、财产分布情况，评估地震损失。巫孟还等在此基础上进一步研究了开展震灾保险的技术途径。刘曾武采用模糊推论的综合评判方法，提出以场

地指数为指标，进行地震小区划，使地震危险性分析更加细化。在地质灾害方面，刘希林等、苏经宇等、唐川等、周必凡等、吴积善等提出用危险性或危险度标示泥石流的活动强度，根据泥石流的孕灾条件以及泥石流的流速、流量、物质结构、堆积体积等划分泥石流的危险等级。徐峻龄对高速滑坡的类型和规模进行了划分。张梁、张业成根据地质灾害成灾体规模或活动范围，对崩塌、滑坡、泥石流、岩溶塌陷、海水入侵等灾害等级进行了划分。在其他类型灾害方面，鲁新安等、黄朝迎等对我国西北牧区雪灾等级进行了划分。高云中等、冯志贵等根据小兴安岭林区和四川林区的研究实践，提出了森林火险等级和火险区划方案。陈桃源对马尾松毛虫灾害的成灾指标进行了探讨。孔繁文、高岚对森林火灾经济损失额计算方法进行了研究。梁必骐等、林继生等对热带气旋灾害评估方法进行了研究。王豫德、王世民对潮灾损失进行了计算。

国外的研究情况与国内基本类似。20 世纪 60 年代以前，自然灾害研究主要局限于灾害机理及预测研究，重点调查分析灾害的形成条件与活动过程。70 年代以后，随着自然灾害破坏损失的急剧增加，迫使人类把减灾工作提高到前所未有的重视程度，在一些发达国家首先拓宽了灾害研究领域，在继续深入研究灾害机理的同时，开始进行灾害评估工作。美国首先对加州的地震、滑坡等十种自然灾害进行了风险评估。

进入 20 世纪 80 年代，各种自然灾害的研究进一步蓬勃发展。1989 年由美国国家科学院的全国研究理事会(NRC)及联邦所属科学和减灾机构召集，由 17 位成员组成的国家委员会分工协作，制定了减灾十年计划。该计划把自然灾害评估列为研究的重要内容，提出在以下三个方面深化研究，即引起自然灾害的物理过程和生物学过程、社会可以调用的减轻自然灾害物理效应的技术能力、人类相互作用系统的特征及对灾害事件的反应。与此同时，继续开展了单项的或者综合的灾害灾情评估工作，全国研究理事会地震损失评估专家小组在 1989 年提交了《未来地震的损失评估》报告。日本、英国等一些国家则进行了地震、洪水、海啸、泥石流、滑坡等灾害评估，并且在有关的减灾法规(如日本的《灾害救助法》、《地震保险法》等)中强调灾情调查、统计、评价以及据此确定的减灾责任与救助措施。

为了推进广泛的国际间协调与合作，联合国在 1987 年通过决议，确定在 20 世纪最后十年开展“国际减轻自然灾害十年”活动。1991 年，联合国国际减灾十年(IDNDR)科技委员会提出了《国际减轻自然灾害十年的灾害预防、减少、减轻和环境保护纲要方案与目标》(PRE-EMPT)，其中第一项就是进行灾害评估，提出“各个国家对自然灾害进行评估，即评价危险性和脆弱性”。评估“主要包括：1)总体上哪些自然灾害具有危害性；2)对每一种灾害威胁的地理分布和发生间隔及影响程度进行评价；3)估计评价最重要的人口和资源集中点的易灾性”。可见，该组织把自然灾害灾情评估纳入实现减灾目标的重要措施。

为了推动国际减灾目标的实现，一些国际组织提出了重大自然灾害评估的国际合作计划。如 20 世纪 90 年代联合国国际减灾十年科技委员会批准的“全球地震危险性评估计划(Global Seismic Hazard Assessment Program)”。该计划将推进全球和区域的广泛协调，争取在 20 世纪结束前对各国地震危险性予以评估，使世界范围的地震研究达到一个新的水平。

我国在开展国际减灾十年活动以来，除各方面专家继续对多种自然灾害进行的单一性研究外，一些组织和专家还对各种自然灾害的定义、活动强度及划分指标等进行了对比性的综合分析研究。这方面最具代表性的当属原国家科委、国家计委、国家经贸委自然灾害综合研究组(原全国重大自然灾害调研组)的研究成果。高庆华、张业成、刘惠敏等在国家

有关部门的支持下，组织多方面专家通过大量调查和深入研究工作，编著了《中国减灾重大问题研究》、《自然灾害灾情统计标准化研究》、《中国自然灾害风险与区域安全性分析》等，针对各种自然灾害，提出以灾变强度标示灾变活动规模，以灾害损失程度标示灾害成灾程度，从概念上对灾害的自然强度和灾害的成灾后果进行了界定和区分，建立了各种主要自然灾害灾变等级和灾害损失的划分方案。除这些成果外，王劲峰等根据灾害活动的不同指标，对地震、洪水、干旱、雪灾、泥石流、滑坡、虫灾以及土壤侵蚀、沙漠化、火灾等的强度等级进行了划分。

## 三、自然灾害经济损失评估与成灾等级划分研究

自然灾害经济损失是灾害评估和灾情统计的核心。但由于核算灾害经济损失不但涉及内容广泛，而且计算方法复杂，所以至今尚未形成统一的认识和比较妥善的方法。

在自然灾害经济损失构成方面，一般倾向于包括直接经济损失和间接经济损失。于庆东、沈荣方把直接经济损失的范围划为企业资产损失、居民财产损失、自然资源损失，把间接经济损失确定为停产减产损失、产业关联损失。黄渝祥等把灾害的间接经济损失确定为停减产损失、中间投入积压增加的经济损失、投资溢价损失。此外，有的把人口伤亡也折算成经济损失；有的把资源、环境破坏估算成价值损失；有的把防灾、救灾、抗灾投入列入经济损失；有的把灾害经济损失分为财产损失、救灾费用、效益损失。

在自然灾害经济损失核算方法方面，1990 年国家地震局震害防御司在《中国地震灾害损失预测研究》中建立的地震灾害经济损失计算方法具有普遍意义，不但适用于地震灾情评估，而且对于其他多种自然灾害的经济损失计算也具有十分重要的参考价值。该项研究认为，决定地震灾害损失程度的两个基本因素是地震活动的危险性和工程设施的易损性。地震活动的危险性指的是地震活动的强度。对于已经发生的地震来说，地震影响范围内不同地区的地震危险性是该地区的地震烈度；对于预测地震灾害来说，不同地区的地震危险性是根据地震活动条件和场地条件预测的地震烈度及其发生的概率。工程易损性指的是不同类型、不同结构的工程建筑在不同地震烈度下的破坏程度以及各个损毁等级的数量。基于上述认识，通过危险性分析确定或者预测地震烈度分布情况，通过易损性分析统计各烈度区内各种工程建筑的损毁程度和损毁数量，在此基础上进一步调查统计受灾前各种工程建筑的价值，取得这些基本数据后可以比较容易地计算地震灾害的工程建筑破坏的经济损失。此外，还有不少人对地震灾害经济损失进行了研究，虽然具体方法、途径不尽一致，但基本思路与上述过程大致雷同。除地震灾害外，冯利华、周进生、张业成、姚运生等、王勇等根据一般灾害经济理论或者某些灾害实例，对旱灾、泥石流、滑坡、地面沉降等灾害经济损失计算进行了探讨，也取得了有益的经验。

灾害等级指的是根据一次灾害事件或者一个地区某一时段内自然灾害的破坏损失程度，将灾害划分为若干等级，以便从总体上对不同类型、不同时间、不同地区的自然灾害进行对比，从而更加简明清晰地反映灾情。

灾害等级是反映灾情的重要指标，因此近年来许多人对此进行了探索研究，其中多数是针对地震、洪水、滑坡、泥石流等单一灾害成灾等级的研究。这些成果虽然对于反映某种灾害的灾情具有重要意义，但由于都是从单一灾害特点出发，不仅各自采用的指标很不一致，而且彼

此之间的等级规模相差巨大，所以远不能适应综合性灾情统计需要。基于这种情况，近年来一些专家开始研究适用广泛的统一灾害等级划分方案。其中影响最广、意义最为重要的是马宗晋提出的用“灾度”标示灾情的意见。他根据自然灾害造成的死亡人数和经济损失额度将灾害事件划分为巨灾、大灾、中灾、小灾、微灾 5 个等级，给出了它们的指标界限。在此基础上，于庆东、孙卫东等进行了改进或变通。

地区灾年等级指的是根据一个地区某一年度内各种自然灾害的破坏损失程度，将灾情划分为若干等级，以综合反映一个地区的灾情。目前，关于灾年等级的研究基本上属于空白，民政、统计系统在评价全国或某些地区灾情水平时，有时使用严重灾年、中等灾年、轻灾年以及大灾年、中灾年、小灾年等概括灾情，但提法不统一，而且各种概念也没有比较明确的含义和指标，存在很大的随意性和模糊性。

## 四、自然灾害评估和等级划分的主要问题

### 1. 灾害等级制定的复杂性

制定灾害等级划分标准的基本任务是制定衡量灾害等级的准确指标，它是直接反映灾害活动程度和损失程度，指导防灾减灾的定量化依据。这是一个十分复杂的问题。

(1)制定灾害等级标准的原则：

①科学性——需要研究成灾机理，搞清致灾因子，然后才能根据主要致灾因子确定指标的种类；

②延续性——需要全面收集研究既往有关研究成果和已经制定的标准；

③实用性——必须考虑到不同的地区、部门都可以接受，可直接应用于防灾减灾；

④可操作性——应力求大众化，易理解，社会各界使用方便。

(2)制定灾害等级的程序：

①灾情调查与分析，以确定灾害等级划分的含义、界线与临界值；

②建立灾害等级划分指标体系；

③指标标准初选；

④广泛征求各方面意见；

⑤履行国家标准制定程序。

### 2. 自然灾害评估统计数据的准确性

自然灾害评估的基础是自然灾情的调查和统计，这项工作在气象、水利、地震、地质、海洋、农、林、民政等部门的支持下，约百名专家历时 10 年才建立了我国自然灾害综合数据库。其中最大的困难是，由于我国灾害记录时间悠长，至今自然灾害综合管理体制还没有建立，没有制定统一的、为各部门共同接受的灾情统计标准，因此长期以来不同部门、不同地区的原始记录资料数据很不一致，即使对同一次、同一地区、同一时段的灾情统计数据也常常很不一致。虽然采取了反复印证、相互协商的方式，企图获取准确的统计数据，但事实上很难做到。在这种情况下，我们只能依据《中华人民共和国统计法》的规定，基本以国家统计局或国家灾害主管部门的统计数据为准。有些个例则使用了部门资料或地方资料。

3. 自然灾情统计标准的统一性

由于我国各类自然灾害由不同部门分别管理,不同部门分别制定了各自的灾情统计标准和灾害等级标准或规定。这些标准和规定,不仅不同部门、不同灾种间不统一,而且同一部门、同一灾种在不同时段的标准和规定也不一致。标准的不统一是自然灾害综合评估最大的难题,为此 1995 年原国家经贸委牵头,有 20 个部局参加,历时 5 年由三部委自然灾害综合研究组研究起草了"自然灾情统计标准"暂行规定,同时对自然灾害灾变等级和受灾体损毁等级作了统一的划分,暂可作为各项灾害评估的标准依据。

4. 自然灾情系列评估的时效性

灾害等级标准的制定是在灾情评估的基础上进行的。自然灾害评估是一项系统工程,三部委自然灾害综合研究组从 1995 年开始中国自然灾情评估的探索,至今已完成了各类自然灾害危险性、危害性、风险性的区域评估;各省(区、市)、地(市、盟)自然灾害危险性、危害性、风险性评估及灾变、灾度、受灾率、受灾模数、受灾程度、减灾能力、受灾体价值、易损性、灾害损失深度等各项指标的评估,并编制了相关图件。这些方面的评估、核算必须在同一时间段各种相关数据的支持下进行,才具有整体性和可比性。

目前所提出的各种标准的指标基本都是经验数字,特别是死亡人口和经济损失的归一统算、各项损失权重值的确定及灾害等级划分的阈值标准,基本上是"拍脑袋",所谓"专家意见"也缺乏科学支撑。作者虽然在自然灾害评估中已经开始引入社会经济学与优选法的数学法则,然而也只是初步的探索。

随着我国减灾工作的深入和灾害科学的发展,进入 21 世纪灾情统计工作受到更普遍的重视,不仅增加了新的统计资料和数据,而且许多专业部门还在制定新的灾害标准。这虽然推动了减灾事业的发展,但由于分门别类地制定标准也难免引起新的分歧。特别是进行亚洲国际合作时,更应该重视协调统一问题。所以,我们仍建议应坚持"兼顾各种灾害制定统一的灾害标准体系"的意见,包括灾害名词术语标准、灾害等级标准、灾情统计标准等标准系列。

## 第二节　单类自然灾害事件等级划分

尽管自然灾害普遍发生,但不同地区、不同时间的灾害程度千差万别。为了反映这种变化,除了用多种具体指标说明灾害程度外,还往往用一般灾害、严重灾害、特大灾害(巨灾)等概括性的等级名称从总体上标识灾害程度。然而,由于自然灾害不但种类繁多,而且属性特征表现复杂,所以尽管大家所提出的灾害等级都是用以概括量度灾害程度的标志,但含义却不尽一致,可大致分为 4 种:标志灾害动力起源或灾害中心地区灾害能量,例如地震震级、大风风级等;标志灾害范围内不同地区灾害破坏能力(危害程度),例如地震烈度等;标志灾害对人类生命财产的破坏损毁程度;标志全国或某一地区一定时段内灾害活动程度和破坏程度,如称为重灾年、中等偏重灾年等。前三种含义一般用于对灾害事件的评判,第四种含义一般用于对地区年度灾害程度的评判。

这四种含义反映了自然灾害不同的特性。在此基础上,本书提出以灾变等级、灾度等级、灾年等级分别表示灾害事件的活动强度、损失程度和地区年度灾害破坏水平。

## 一、以灾害损失为基础的单类灾害事件等级划分

已有的研究成果除了对灾害等级含义有不同认识外，所应用的灾害等级指标和所划分的灾害等级也有多种方案。下面介绍几种具有代表性的划分方法。

### （一）绝对损失量分级法

绝对损失量分级法的基本方法是根据灾害所造成的破坏损失数量的多少划分灾害等级。采用的指标多为人口死亡和经济损失；其中经济损失有的为直接经济损失，有的除直接经济损失外，还包括间接经济损失或救灾费用。有的除人口死亡、经济损失外，还辅以倒塌房屋数量、受灾人口数量、受灾农作物面积等指标。

该种分级方法首先应用于地震、洪水等单类自然灾害的成灾等级划分。

#### 1. 地震灾害等级划分

1991 年 12 月 3 日国务院办公厅以国办发[1991]75 号文印发了《国内破坏性地震应急反应预案的通知》，根据一次地震灾害所造成的死亡人数和直接经济损失额，将地震灾害划分为 4 类①：

一般破坏性地震——造成数人至数十人死亡，或直接经济损失在 1 亿元以下（含 1 亿元）的地震；

中等破坏性地震——造成数十人至数百人死亡，或直接经济损失在 1 亿元以上、5 亿元以下（含 5 亿元）的地震；

严重破坏性地震——人口稠密地区发生的 7 级以上地震、大中城市发生的 6 级以上地震，或者造成数百至数千人死亡，或者直接经济损失在 5 亿元以上、30 亿元以下（含 30 亿元）的地震；

特大破坏性地震——大中城市发生的 7 级以上地震，或造成万人以上死亡，或直接经济损失 30 亿元以上的地震。

1993 年原国家科委全国重大自然灾害综合研究组在《中国重大自然灾害及减灾对策》中，提出用地震灾度标志地震灾害等级。划分方案是，根据一次地震造成的人口死亡数量和经济损失数量将地震灾害分为 5 个灾度等级：A 度（A. a）（巨灾）；B 度（B. b）（大灾）；C 度（C. c）（中灾）；D 度（D. d）（小灾）；E 度（E. e）（微灾）。以 $10^7$ 元人民币经济损失和 1 人死亡为 E 度的起点，向上逐级提高。由于标志灾害等级的人口死亡和经济损失均分为 5 个档次，所以这两个因子可以组成 25 种成灾程度，从而可以更加明晰详尽地反映地震的成灾程度（表 1-1）。

#### 2. 洪水灾害等级划分

王劲峰等（1993）根据洪水灾害造成的死亡人数和经济损失数量将洪水灾害划分为巨灾、重灾、中灾、轻灾、弱灾 5 级。对于历史洪水灾害或难以准确统计死亡人数和经济损失数量的洪水灾害，根据洪水淹没面积和淹没时间，确定灾害等级（表 1-2）。

---

① 2006 年发布的《国家地震应急预案》中有新的等级划分标准，以后的研究工作建议参考最新标准。

**表 1-1 中国地震灾度等级划分[9]**

| 灾度等级 / 直接经济损失 / 死亡人口 | | e | d | c | b | a |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $10^7$ 元 | $10^8$ 元 | $10^9$ 元 | $10^{10}$ 元 | $>10^{10}$ 元 |
| E | 1～9 人 | E. e | | | | |
| D | 10～99 人 | | D. d | | | |
| C | 100～999 人 | | | C. c | | |
| B | 1000～9999 人 | | | | B. b | |
| A | >10000 人 | | | | | A. a |

据原国家科委全国重大自然灾害综合研究组，1993。

**表 1-2 中国洪水灾害等级划分[9]**

| 灾害等级 | 按破坏结果划分 | | 按成灾规模划分 | |
|---|---|---|---|---|
| | 死亡人数(人) | 经济损失(元) | 淹没面积($m^2$) | 淹没时间(d) |
| 巨灾 | >10000 | >10 亿 | >10 万 | >12 |
| 重灾 | 1000～10000 | 1 亿～10 亿 | 1 万～10 万 | 7～12 |
| 中灾 | 100～1000 | 1000 万～1 亿 | 0.1 万～1 万 | 4～7 |
| 轻灾 | 10～100 | 100 万～1000 万 | 0.01 万～0.1 万 | 2～4 |
| 弱灾 | <10 | <100 万 | <0.01 万 | <2 |

据王劲峰等，1993。

原国家科委全国重大自然灾害综合研究组采用洪水灾度($I_0$)反映洪水灾害的破坏损失程度。根据洪水灾害造成的经济损失、死亡人口、受灾区域、受灾面积这四项指标的组合，确定洪水灾度。具体指标规定和灾度判断如下[10]：

ⅰ 经济损失 $A$

<1000 万元 ($A_1$)

1000 万～1 亿元 ($A_2$)

1 亿～10 亿元 ($A_3$)

>10 亿元 ($A_4$)

ⅱ 死亡人口 $B$

<100 人 ($B_1$)

100～1000 人 ($B_2$)

1001～10000 人 ($B_3$)

>10000 人 ($B_4$)

ⅲ 受灾范围(其受灾等级分别用 $C^0$, $C'$, $C''$表示)

受灾县数 $C^0$

<15 县 ($C_1^0$)

15～25 县 ($C_2^0$)

26～60 县 ($C_3^0$)

>60 县 ($C_4^0$)

受灾人口 $C'$

<50 万人 ($C'_1$)

50 万～250 万人　　($C'_2$)
250 万～500 万人　　($C'_3$)
＞500 万人　　($C'_4$)
受灾面积 $C''$
＜33 万公顷　　($C''_1$)
33 万～100 万公顷　　($C''_2$)
100 万～1600 万公顷　　($C''_3$)
＞1600 公顷　　($C''_4$)
灾度判断见表 1-3a—d。
若只知道经济损失和死亡人口两个参数，$I_0$ 的判别见表 1-3a。

**表 1-3a　洪水灾度等级划分($A$,$B$ 与 $I_0$ 的关系)**

| $I_0$ 经济损失 / 死亡人口 | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $A_4$ |
|---|---|---|---|---|
| $B_1$ | 轻 | 轻 | 中 | 大 |
| $B_2$ | 轻 | 中 | 中 | 大 |
| $B_3$ | 中 | 中 | 大 | 大 |
| $B_4$ | 大 | 大 | 大 | 特大 |

若只知道经济损失和受灾区域两个参数，$I_0$ 的判别见表 1-3b。

**表 1-3b　洪水灾度等级划分($A$,$C$ 与 $I_0$ 的关系)**

| $I_0$ 经济损失 / 受灾区域 | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $A_4$ |
|---|---|---|---|---|
| $C_1$ | 轻 | 轻 | 中 | 大 |
| $C_2$ | 轻 | 中 | 中 | 大 |
| $C_3$ | 中 | 中 | 大 | 大 |
| $C_4$ | 大 | 大 | 大 | 特大 |

若只知道死亡人口和受灾区域两个参数，$I_0$ 的判别见表 1-3c。

**表 1-3c　洪水灾度等级划分($B$,$C$ 与 $I_0$ 的关系)**

| $I_0$ 死亡人口 / 受灾区域 | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ | $B_4$ |
|---|---|---|---|---|
| $C_1$ | 轻 | 轻 | 中 | 大 |
| $C_2$ | 轻 | 中 | 中 | 大 |
| $C_3$ | 中 | 中 | 大 | 大 |
| $C_4$ | 大 | 大 | 大 | 特大 |

若已知经济损失、死亡人口和受灾区域 3 个参数时，即 $A$,$B$,$C$ 均为已知数，则选其中两个级别高的，再按上述三种判断方法确定灾度 $I_0$ 的大小。其中，$C$ 的确定方法是：当 $C^0$,$C'$,$C''$ 均

为已知数时，则 $C=C''$；当 $C''$ 未知时，则 $C=C'$；当 $C''$，$C'$ 均未知时，则 $C=C^0$。即遵循受灾面积、受灾人口、受灾县数的顺序考虑。

若仅知道经济损失(或死亡人口，或受灾区域)1 个参数时，$I_0$ 的判别见表 1-3d。

表 1-3d 洪水灾度等级划分($A$ 或 $B$ 或 $C$ 与 $I_0$ 的关系

| 灾度 \ 因素 | $A_1$(或 $B_1$，或 $C_1$) | $A_2$(或 $B_2$，或 $C_2$) | $A_3$(或 $B_3$，或 $C_3$) | $A_4$(或 $B_4$，或 $C_4$) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| $I_0$ | 轻 | 轻 | 中 | 大 |

3. 崩塌、滑坡、泥石流灾害等级划分

原国家科委全国重大自然灾害综合研究组根据一次灾害造成的死亡人数和直接经济损失数额，将灾害分为重灾、中灾、轻灾 3 个等级(表 1-4)。

表 1-4 崩塌、滑坡、泥石流灾害等级划分

| 灾害等级 | 死亡人数(人) | 直接经济损失(万元) |
| --- | --- | --- |
| 重灾 | >100 | >1000 |
| 中灾 | 10～100 | 100～1000 |
| 轻灾 | <10 | <100 |

据原国家科委全国重大自然灾害综合研究组．1993。

张梁、张业成(1994)根据伤亡人数和直接经济损失数量，将崩塌、滑坡、泥石流以及地面塌陷、地裂缝等地质灾害分为特大灾害、大灾害、中灾害、小灾害等 4 级(表 1-5)。

表 1-5 地质灾害破坏程度分级

| 标志 \ 指标 \ 等级 | 特大灾害(Ⅰ级灾害) | 大灾害(Ⅱ级灾害) | 中灾害(Ⅲ级灾害) | 小灾害(Ⅳ级灾害) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 死亡人数(人) | >100 | 10～100 | 1～10 | 0 |
| 重伤人数(人) | >200 | 20～200 | 1～20 | 0 |
| 直接经济损失数(万元) | >1000 | 100～1000 | 10～100 | <10 |

据张梁，张业成，1994。

4. 森林火灾等级

1995 年原林业部防火办公室提出的《森林火灾经济损失额计算方法暂行方案》(征求意见稿)中，根据经济损失额，将森林火灾分为 4 级(表 1-6)。

表 1-6 森林火灾经济损失等级分类

| 类别 | 经济损失额 |
| --- | --- |
| Ⅰ | 10 万元以下 |
| Ⅱ | 10 万～50 万元 |
| Ⅲ | 50 万～100 万元 |
| Ⅳ | 100 万元以上 |

以上对某些自然灾害进行的等级划分，着重体现了行业特点和部门需要，彼此之间难以对比。为了克服这一不足，近年来一些专家逐步深入探索能够适用于各类自然灾害的等级划分方案。1987 年张淑媛、吴忠良等提出建立自然灾害统一标度的建议。1988 年马宗晋等提出了"灾度"的概念，建议用灾度等级综合量度自然灾害的成灾程度。此后于 1990 年、1992 年、1993 年对这一概念及其应用进行了修改、补充。其基本观点是根据自然灾害造成的死亡人口、财产损失数将自然灾害划分为 5 个等级，其中死亡人口超过 1 万人，财产损失超过 100 亿元的为巨灾（A 级灾害），以下指标每降低一个量级，灾害相应降低一个等级，分别称为大灾（B 级）、中灾（C 级）、小灾（D 级）、微灾（E 级）（表 1-7）。

表 1-7　自然灾害灾度等级划分

| 灾度等级 | 死亡人数（人） | 财产损失（元） |
|---|---|---|
| 巨灾（A 级） | $>10^4$ | $>10^{10}$ |
| 大灾（B 级） | $10^3\sim10^4$ | $10^8\sim10^9$ |
| 中灾（C 级） | $10^2\sim10^3$ | $10^7\sim10^8$ |
| 小灾（D 级） | $10\sim10^2$ | $10^6\sim10^7$ |
| 微灾（E 级） | $<10$ | $<10^6$ |

一些专家在肯定采用灾度划分灾害等级的基础上，对此进行了局部补充和修改。1993 年于庆东为了扩大灾度的应用范围和合理解决死亡人数与财产损失两项指标不在一个级别时灾害等级的确定方案，对灾度等级判别方法进行了改进，它以死亡人数为横坐标（$x$），经济损失为纵坐标（$y$），根据二项指标的组合关系，划分为 6 个区域，相应确定为巨灾、大灾、中灾、小灾、微灾、无灾 6 个等级。

1989 年高建国在对国内外大量灾害实例分析的基础上，提出了有较大适应度的 8 级划分方案。1989 年王子平等以地震灾害为基础，适当修正了灾度等级标准，将自然灾害划分为 4 级。

刘燕华等[7]以受灾人口数、死亡人口数、农作物受灾面积数、成灾面积数和直接经济损失作为绝对灾害损失指标因子将灾害损失分为 0～5 级。其中，第 5 级指标为受灾人口大于 1000 万人，死亡人口大于 10000 人，受灾面积大于 666.7 万公顷，成灾面积大于 333.3 万公顷，直接经济损失大于 100 亿元。灾度每小一个等级，各项指标减少一个数量级。

（二）相对损失分级法

相对损失分级法的基本方法是以灾害造成的某方面损失量与同地区同类型总量或某些具有特定意义的社会经济指标的比值的大小划分灾害等级。其中，多见的是以灾害经济损失与国民生产总值的比率划分灾害等级，以显示灾害破坏程度与生产力发展水平的关系。如 1993 年孙卫东依此提出了相对灾度的概念，并建立了相对灾度的评判模型[8]：

$$X_Z=X_E/\mathrm{GNP}$$

式中，$X_Z$ 为相对灾度，$X_E$ 为灾害造成的经济损失（含人员伤亡折算的经济损失），GNP 为承灾区前一年国民生产总值。

赵阿兴等[9]将灾害经济损失与受灾地区前一年的财政收入、国民生产总值、国民收入总值的比值，分别称为财政收入灾损率、国民生产总值灾损率、国民收入灾损率，并据此将灾害事件

划为巨灾(A级)、大灾(B级)、中灾(C级)、小灾(D级)、微灾(E级)(表1-8)。

表1-8 自然灾害灾损率等级划分

| 灾损率等级 | 灾损率指数 |
|---|---|
| 巨灾(A级) | ＞0.5 |
| 大灾(B级) | 0.4～0.5 |
| 中灾(C级) | 0.3～0.4 |
| 小灾(D级) | 0.2～0.3 |
| 微灾(E级) | ＜0.2 |

据赵阿兴等,1993。

此外,还有人以灾害经济损失与当地财政收入之比、与当地固定资产价值之比、与当地工农业产值之比、受灾农作物面积与播种总面积之比、受灾人口与当地总人口之比等来划分灾害等级。

### (三)损失模量分级法

损失模量分级法的基本方法是根据自然灾害的损失模量(平均单位面积死亡人数和经济损失数)划分灾度等级。1995年原国家科委国家计委国家经贸委自然灾害综合研究组进行全国自然灾害综合区划时[20],在统计分析历史灾害记录的基础上,采用该方法确定不同地区灾度等级,并以此为基本指标,结合成灾的自然条件和社会经济条件进行灾害区划。

### (四)灾害指数分级法

灾害指数分级法的基本方法是将灾害造成的人口伤亡、经济损失和其他有关指标,通过某些途径转化成可以进行对比的"规范化"指数,然后累加得出灾害的总指数,据此划分灾害等级。

冯利华[11]、冯志泽[12]等建立的灾害指数模型为

$$G=I_d+I_h+I_e$$

式中,$G$为灾害指数;$I_d$,$I_h$,$I_e$分别为死亡人口指数、重伤人口指数、经济损失指数。当$d<100$人、$h<1000$人、$e<1000$万元人民币时,利用线性函数计算;各指数超过上述数量时,用对数函数进行计算。采用该方法对中国历史地震灾害进行计算分级,灾害指数分布在0～12之间,以1为级差,共分为Ⅻ级,同时建议Ⅰ～Ⅳ级的灾害救援以地、市为主,省(区、市)有关部门指导;Ⅴ～Ⅷ级的灾害救援以省(区、市)为主,地方协助,国家有关部门指导;Ⅸ～Ⅻ级的灾害由国家统一安排救灾。

魏庆朝等[13]进一步提出了考虑四方面因子的评价灾害等级的模型:

$$G=I_d+I_h+I_e+I_t$$

式中,$I_t$为灾害损失时间;其他符号同前。根据灾害指数将灾害划分为Ⅰ～Ⅻ级。

### (五)灾害破坏深度分级法

孙振凯等[14]对灾级和灾度进行了界定。他们建议用灾级表示自然灾害造成的社会人力财富和物质财富损失的绝对规模和数量;用灾度反映受灾地区的破坏深度,即受灾地区已有社

会财富遭受损失的相对严重程度，其主要衡量指标为人员伤亡率、社会物质财富损失率和生活必需品与设施的奇缺程度，据此将灾害分为重灾、中灾、一般灾、轻灾等 4 个等级。

（六）其他分级法

除上述分级方法外，还有多种分级方法。这些方法的共同特点是多指标的综合评判，使用的指标除了死亡人数、经济损失等灾害破坏后果指标外，还有灾变指标。

(1)王劲峰等根据地震震级、烈度、死亡人数、经济损失等指标，将地震灾害分为轻灾、中灾、重灾、特大灾害 4 级（表 1-9）。

表 1-9　地震灾害成灾规模等级划分[5]

| 标志＼指标值＼等级 | 轻灾 | 中灾 | 重灾 | 特大灾害 |
|---|---|---|---|---|
| 震级 | 平原地区 4.7～5.5 级，山区 6.5 级左右 | 平原地区 5.5～6.5 级，山区 7 级左右 | 平原地区 7 级左右，人口稠密山区 7.5 级左右 | 平原地区 7.5 级以上，人口稠密山区 8 级以上 |
| 震中烈度 | Ⅳ～Ⅶ度 | 一般Ⅷ～Ⅸ度 | Ⅹ度以上 | Ⅺ度以上 |
| 受灾范围 | 1～2 个县（市） | 数个县（市） | 10 余个县（市） | 数十个县（市） |
| 房屋破坏率 | 10%以下 | 10%～30% | 30%～70% | 70%以上 |
| 死亡人数 | 数人至数十人 | 数十人至数百人 | 数千人至万人左右 | 万人以上 |
| 经济损失 | 数百万元至 1 亿元 | 数亿元到 10 余亿元 | 数十亿元 | 数十亿元或 100 亿元以上 |
| 其他 | 社会功能基本不受影响 | 社会功能略受影响 | 社会功能受到明显影响 | 50%以上的生命线工程、50%以上的社会组织遭到破坏 |

据王劲峰等，1993。

王劲峰等根据泥石流活动规模、受灾对象和损失程度将泥石流灾害划分为 4 等 16 级（表 1-10）。

表 1-10　泥石流灾害等级[5]

| 灾害分级 | 泥石流活动 | 小 | 中 | 大 | 特大 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 受灾对象＼危害程度 | 轻灾（轻微危害） | 一般灾（一般危害） | 重灾（严重危害） | 特重灾（特大危害） |
| Ⅰ | 大城市，国家重点企业和单位 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ⅱ | 中小城市，省级重要企业，国家交通干线 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ⅲ | 小城镇，小厂矿，地区交通干线 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ⅳ | 农田，村庄，县区交通线路 | 1 | 2 | 3 | 4 |

受灾对象分为 4 等：

Ⅰ等：大城市，国家重点企业和单位；

Ⅱ等：中小城市，省级重要企业，国家交通干线；

Ⅲ等：小城镇，小厂矿，地区交通干线；

Ⅳ等：农田，县区内交通线路。

采用百年一遇最大一次总量和流量，将泥石流规模分为 4 级：

小规模：总量小于 1 万 $m^3$，流量小于 100 $m^3/s$；龙头冲击力为 10 $t/m^2$ 以上。

中规模：总量小于 10 万 $m^3$，流量 100～500 $m^3/s$；龙头冲击力为 10～20 $t/m^2$。

大规模：总量小于 80 万 $m^3$，流量 500～2000 $m^3/s$；龙头冲击力为 20～50 $t/m^2$。

特大规模：总量大于 80 万 $m^3$，流量＞2000 $m^3/s$；龙头冲击力为 50 $t/m^2$ 以上。

危害程度划分为 4 级(相应的多种指标中，只要有一种指标达到某一级别即可认定)：

轻灾：轻微危害。死亡少于 5 人，或毁耕地少于 10 公顷，或毁房少于 1000 $m^2$(1 间房折 10 平方米)，或损失财产价值少于 10 万元(按 1990 年物价折算，下同)。

一般灾：一般危害。死亡少于 30 人，或毁耕地少于 100 公顷，或毁房少于 10000 $m^2$，或损失财产价值少于 100 万元。

重灾：严重危害。死亡少于 100 人，或毁耕地少于 1000 公顷，或毁房少于 50000 $m^2$，或损失财产价值少于 1000 万元。

特重灾：特大危害。死亡 100 人以上，或毁耕地 1000 公顷以上，或毁房 50000 $m^2$ 以上，或损失财产价值 1000 万元以上。

(2)原国家科委重大自然灾害综合研究组根据灾害造成的死亡人数、经济损失和超警戒水位幅度将风暴潮灾害划分为 4 级(表 1-11)。

表 1-11　风暴潮灾害等级划分[5]

| 灾害等级 | 特大潮灾 | 较大潮灾 | 一般潮灾 | 轻度潮灾 |
|---|---|---|---|---|
| 参考灾情 | 死亡千人以上或损失数亿元 | 死亡数百人或损失 0.2 亿～1 亿元左右 | 死亡数十人或损失千万元左右 | 无死亡或少量死亡，损失数百万元以下 |
| 超警戒水位参考值 | ＞2 m | ＞1 m | ＞0.5 m | 超过或接近 |

据原国家科委全国重大自然灾害综合研究组，1994。

目前，已有多种方案对灾害事件等级进行划分，它们虽然从不同角度反映出灾害事件的成灾程度，但从灾害综合评估和灾情统计出发。这些划分方法中的多数方案有的应用指标较多，有的核算方法比较繁琐，而且来自地震、洪水、地质、森林、海洋等不同部门的不同种类自然灾害等级指标相差悬殊，彼此之间难以进行对比，因此不能完全适应灾害综合评估和灾情统计需要。尽管如此，已有研究成果提出的一些概念、原则以及方法对于灾害评估中建立灾害等级标准仍然具有重要的参考作用。

## 二、以灾害社会影响为基础的灾害事件等级划分

以灾害社会影响为基础可将灾害事件划分为 5 个等级。

(1)Ⅰ级，特大灾害。成灾范围达几个省(区、市)或十几个省(区、市)的几十个县(市、区、旗)或几百个县(市、区、旗)，人口伤亡和经济损失特别巨大，对相当大区域乃至全国范围的人民生活、工农业生产和社会经济发展产生严重影响，单纯依靠成灾地区能力难以进行有效的抗灾救灾，需要由党中央、国务院直接组织抗灾救灾工作。灾害不但成为国内关注的焦点，得到中央和外省(区、市)以至全国范围的广泛救援与支持，而且可能得到世界范围的关注和救援。此级灾害主要是大地震、特大洪水和大面积的重旱等。在全国范围内发生的概率一般每十年左右出现 1～2 次。如 1950 年淮河流域特大洪水，1954 年长江流域特大洪水，1959—1961 年全国性持续重旱，1963 年海河流域特大洪水，1975 年以河南西南部为中心的淮河流域汝河、颍河特大洪水，1976 年河北唐山大地震，1991 年江淮地区罕见的特大洪水，1998 年长江中下游

特大洪水等。

(2)Ⅱ级,大灾害。灾害范围一般为一省(区、市)或几省(区、市)的十几个县(市、区、旗)或几十个县(市、区、旗),人口伤亡和经济损失巨大,对成灾范围内的人民生活和社会经济发展造成重大影响,对全国社会经济发展产生一定影响。灾害得到国内和国际有关部门的关注,在中央有关部门和省(区、市)领导下,由中央和外省(区、市)适当调剂人力、物力、财力进行抗灾救灾工作。此级灾害一般为大洪水、特大洪水、中震、大震、重旱或大旱,台风,强风暴潮、特强风暴潮和严重风雹,严重或特严重低温冷害,特大森林火灾等。此级灾害在全国平均二三年发生1次;对于一个省来说,则可能多年发生1次。较典型灾例如1956年5612号台风,1966年河北邢台地震(中震),1975年辽宁海城地震(大震),1985年辽河大洪水,1987年大兴安岭森林特大火灾,1989年8923号台风,1992年9216号强风暴潮等。

(3)Ⅲ级,中灾害。成灾范围一般限于一省(区、市)或涉及邻省(区、市)的几个县(市、区、旗)或十几个县(市、区、旗),人口伤亡和经济损失比较严重,对成灾范围内的人民生活和地方社会经济发展造成严重影响,对全国社会经济略有影响。此级灾害在中央和外地区适当支持下,由省(区、市)组织,基本依靠本地区力量进行抗灾救灾。此级灾害主要为较大洪水或特大洪水、中震或小震、旱灾、中涝或重涝、台风或强热带风暴、面积较大的严重冰雹、严重或特严重低温冷害、严重或极严重雪灾、强风暴潮或特强风暴潮、重或特重农作物病虫害等。此级灾害在全国范围内平均每一两年发生1次,对某个省则可能多年发生1次。较典型灾例如1954年广东5413号台风,1960年辽东大洪水,1973年宁夏大旱,1985年安徽严重小麦吸浆虫灾害,1989年山西大同—阳高地震(中震),1989年西藏牧区雪灾,1991年湖南风雹灾害等。

(4)Ⅳ级,小灾害。成灾范围为省(区、市)内几个县(市、区、旗)或十几个县(市、区、旗),灾害造成一定人口伤亡和财产损失,使灾区人民生活发生困难,对地区社会经济造成明显破坏,并对所在省(区、市)社会经济发展产生一定影响。此级灾害除因发生在少数民族聚居区、政策扶贫地区、老革命根据地等特殊条件中央予以财政补助扶植外,一般均由省(区、市)和地(市)组织当地力量进行抗灾救灾。此级灾害在全国范围内每年都要发生1次或者多次。灾害种类繁多,主要有旱灾、洪涝、台风和热带风暴、风雹、寒潮和强冷空气、严重霜冻、低温冷害、雪灾、强干热风、地震、风暴潮、农作物病虫害等。其灾例颇多,不一一列举。

(5)Ⅴ级,微灾。成灾范围基本局限于省(区、市)内一个地(市)或更小范围,人口伤亡和经济损失相对较少,灾害对人民生活和社会经济影响亦相应局限于一个地(市)以内。此级灾害在上级和外地区适当帮助下,由地(市)或者县(市、区、旗)组织当地力量进行抗灾救灾。此级灾害在全国范围内每年一般要发生几十到近百次,甚至多达几百次;在一个省(区、市)一般每年发生几次,甚至多达十几次;在一个地(市)和一个县(市、区、旗)则一年到多年发生1次。此级灾害种类繁多,几乎包括第四章所列的各种自然灾害,其灾例不计其数,不再列举。

上述对自然灾害事件的分级是建立在对新中国成立以后历史灾害事件评估分析的基础上进行的。分级所考虑的主要因素是成灾行政范围、损失规模、抗灾救灾责任、出现概率等。这些因素不但反映了灾害的成灾程度,而且体现了灾害分级管理的思想,这可能是较为全面而且符合我国改革发展需要的分级原则。但这种方案依靠的指标较多,而且有些要素存在一定的模糊性,所以在灾害评估和灾情统计时不容易操作。

为了最大限度地体现上列灾害等级划分方案的优点，同时又克服其不易操作的缺点，在采用5个灾害等级基本方案的同时，简化等级标志。集中以灾害事件死亡人数和直接经济损失绝对值这两项指标，将灾害事件划分为特大灾害、大灾害、中灾害、小灾害、微灾害5级（表1-12）。

应该说明的是，这种灾害等级划分依据的死亡人数和直接经济损失这两项指标，在多数情况下协调同步分布，即两方面指标同属于一个级别，但有时也会出现二者不属同一级别的情况，此时按照从高的原则确定灾害等级。

为了更好地解决死亡人数和直接经济损失这两项指标不同步的矛盾，除了采用上述办法外，还可以对该方案进行细化，在灾害等级中明确反映这两项指标的组合关系。具体方法是按照直接经济损失数量将灾害分为Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ5个级别，按照死亡人数将灾害分为A，B，C，D，E 5个档次，二者相互组合，以此表示灾度等级（表1-13）。

**表1-12　单次灾害事件灾度等级划分之一**

| 指标 / 灾度等级 / 要素 | Ⅰ级特大灾害 | Ⅱ级大灾害 | Ⅲ级中灾害 | Ⅳ级小灾害 | Ⅴ级微灾害 |
|---|---|---|---|---|---|
| 死亡人数（人） | ＞10000 | 1001～10000 | 101～1000 | 11～100 | ≤10 |
| 直接经济损失（亿元） | ＞100 | 11～100 | 1.1～10 | 0.1～1 | ≤0.1 |

注：直接经济损失按1990年价格核算。

**表1-13　单次灾害事件灾度等级划分之二**

| 灾度等级 / 档次 | 级别 / 直接经济损失（亿元） / 死亡人数（人） | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅳ | Ⅴ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ＞100 | 100～10 | 10～1 | 1～0.1 | ≤0.1 |
| A | ＞10000 | ⅠA | ⅡA | ⅢA | ⅣA | ⅤA |
| B | 10000～1001 | ⅠB | ⅡB | ⅢB | ⅣB | ⅤB |
| C | 1000～101 | ⅠC | ⅡC | ⅢC | ⅣC | ⅤC |
| D | 100～11 | ⅠD | ⅡD | ⅢD | ⅣD | ⅤD |
| E | ≤10 | ⅠE | ⅡE | ⅢE | ⅣE | ⅤE |

由于社会人口、经济在发展，减灾能力在提高，致使绝对损失数量在不断变化中，因此作者主张用相对损失。如灾害损失深度：Ⅰ级为≥6%；Ⅱ级为2.5%～6%；Ⅲ级为1%～2.5%；Ⅳ级为0.1%～1%；Ⅴ级为＜0.1%。受灾人口：Ⅰ级为≥80%；Ⅱ级为50%～80%；Ⅲ级为30%～50%；Ⅳ级为10%～30%；Ⅴ级为＜10%。死亡人口：Ⅰ级为≥0.015%；Ⅱ级为0.005～0.015%；Ⅲ级为0.0015～0.005%；Ⅳ级为0.001～0.0015%；Ⅴ级为＜0.001%。当然，这只是初步意见，需要进一步测算。

## 三、考虑社会不可接受程度的灾害事件等级划分

### （一）意义

以地震为例。地震是一种自然现象，人类没有能力阻止地震的发生。一方面，破坏性地震

不可避免地会造成人员伤亡和财产损失，因此进行地震监测预报，增强房屋建筑的抗震能力，提高区域应急能力，采取有效的地震应急行动等措施，当然会减少地震伤亡和财产损失。另一方面，任何一项减灾行动都是以人力、物力、财力投入为代价的，如果处处盲目过多地提高设防标准来防止可能会发生（也可能不会发生）的地震灾害，必然要增加、甚至成倍地增加造价；任意地提高地震应急等级，扩大应急行动范围，由于“小题大做”造成的经济损失和社会损失可能比地震灾害本身还要大，给国家和地区、个人造成不应有的经济损失，而且还易引起一系列社会问题。

因此，需要以科学发展观为指导，客观、深入地研究地震活动规律，科学评估地震灾害损失。在既能保证地震安全和又可取得最佳社会效益和经济效益两者之间进行权衡，根据社会对地震灾害的承受能力确定合理的地震设防标准和地震应急等级规模，才能获得最大的综合效益。

如何既要保证地震造成的人员伤亡和财产损失降低到一个社会可接受的水平之下，又要使减灾投入不致过大而“成灾”，需要首先对区域安全可接受地震灾害影响程度进行分析，制定协调适度的防震减灾规划和地震应急计划，以使地震灾害损失控制在社会可接受的范围内。这是一个亟待解决的问题。

1999 年周雍年、张晓志[15]参考我国交通事故平均死亡率 0.02%，火灾平均死亡率 0.0016%，暴雨洪涝灾害平均死亡率 0.0018%～0.0031%，与地震人员伤亡率对比研究后，建议一般地震和城市将社会可接受地震死亡率取为 0.005%；重大城市和经济发达区社会可接受地震死亡率取为 0.001%，认为其数值低于其他灾害死亡率数倍或数十倍，应该为社会可接受。

2001 年马玉宏、谢礼立[16]采用基本同样的方法，并征求了有关政府管理部门的意见，提出了社会可接受地震人员死亡率建议值（表 1-14）

**表 1-14 社会可接受地震人员死亡率建议值**

| 一般城市或地区（指经济中等发达地区） | | | | | | 重要大城市和经济发达地区 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 地震烈度 | Ⅵ | Ⅶ | Ⅷ | Ⅸ | Ⅹ | 地震烈度 | Ⅵ | Ⅶ | Ⅷ | Ⅸ | Ⅹ |
| 可接受死亡率 | $2\times10^{-5}$ | $5\times10^{-5}$ | $2\times10^{-4}$ | $1\times10^{-3}$ | $5\times10^{-3}$ | 可接受死亡率 | $6\times10^{-6}$ | $1\times10^{-5}$ | $5\times10^{-5}$ | $4\times10^{-4}$ | $3\times10^{-3}$ |

根据该建议值，对于人口总数为 50 万的一般城市，当遭遇到Ⅵ、Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ、Ⅹ度烈度的地震时，其可接受死亡人数（即允许的最大死亡人数）分别为 10 人、25 人、100 人、500 人、2500 人；而对于人口总数为 1000 万的重要的或经济发达的特大城市，当遭遇到Ⅵ～Ⅹ度烈度的地震时，其可接受死亡人数分别为 60 人，100 人，200 人，4000 人，30000 人，这样低的死亡率是可以被社会接受的。以唐山这个 100 万人口的一般城市为例，如果再发生与 1976 年同样强度的地震（震中烈度为Ⅺ度），则其可接受死亡人数为 5000 人，即其设防标准应保证在该地震下死亡人数不超过 5000 人。对于已经发生的若干次地震，若以表 1-14 的建议值 作为各次地震的可接受死亡率值，则它们的可接受水平见表 1-15。

表 1-15 典型地震的人员死亡率可接受水平

| 发震地点 | 地震时间 | 实际死亡数/人 | 可接受死亡数/人 | 可接受情况 | 发震地点 | 地震时间 | 实际死亡数/人 | 可接受死亡数/人 | 可接受情况 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 中缅交界—云南 | 1992—04 | 4 | 3 | 可接受 | 甘肃永登 | 1995—07 | 12 | 90 | 可接受 |
| 云南永胜 | 1992—12 | 1 | 1 | 可接受 | 云南武定 | 1995—10 | 59 | 1194 | 可接受 |
| 新疆和静 | 1993—02 | 4 | 1 | 不可接受 | 新疆伽师 | 1997—01 | 12 | 12 | 可接受 |
| 西藏拉孜—昂仁 | 1993—03 | 2 | 9 | 可接受 | 新疆伽师 | 1997—04 | 8 | 13 | 可接受 |
| 云南中甸 | 1993—07 | 1 | 1 | 可接受 | 台湾集集 | 1999—09 | 2456 | 320 | 不可接受 |
| 新疆疏附 | 1993—12 | 2 | 4 | 可接受 | 唐山市 | 1976—07 | 242000 | 5984 | 不可接受 |
| 台湾海峡 | 1994—09 | 4 | 220 | 可接受 | 亚美尼亚 | 1988—12 | 25000 | 3000 | 不可接受 |
| 北部湾 | 1995—01 | 1 | 15 | 可接受 | 阪神 | 1995—01 | 5468 | 990 | 不可接受 |
| 中缅边界 | 1995—07 | 11 | 29 | 可接受 | 日本关东 | 1923—09 | 143000 | 10200 | 不可接受 |

由表 1-15 可见，中国大陆地区 20 世纪 90 年代以来发生的 13 次地震的人员伤亡数绝大多数在可接受的范围内，而唐山地震、台湾集集地震、亚美尼亚地震、阪神地震、关东大地震的实际死亡人数则大大超出可接受范围。这些结论与目前人们的观点较为吻合，因此可认为可接受死亡率建议值(表 1-14)是较合理的。

应该说，以上研究是开创性的，很有意义，但是我们认为，地震灾害是社会所不欢迎的，特别是“以人为本”的今天，人口死亡更是力求避免的，因此“可接受”这一提法值得商榷，似乎改为“不可接受(承受)”更为恰当。另外，由于我国地震活动水平、受灾体易损性和价值分布区域差异性很大，为了制定区域地震应急预案还必须对区域“可接受”地震灾害的影响程度进行更具体的分析研究[17]。

### (二)地震损失不可接受标准初步研究结果

#### 1. 区域不可接受地震人员死亡率的建议

我们采用几种方法估测的不可接受地震人员死亡率，其结果大体相同。因此，建议全国不可接受地震人员年均死亡率为 0.000016，超过这一限度必须采取有效措施，减少人员死亡。

关于区域不可接受地震人员年均死亡率，虽然几种方法测算的结果十分接近，但考虑到破坏性地震只发生在我国约二分之一的国土面积内，因此建议将估算数值扩大一倍作为区域不可接受地震人员年均死亡率，即上海、北京、天津、江苏、浙江、安徽、山东、河南、广东省(市)为 0.00001～0.000016；河北、山西、辽宁、吉林、福建、江西、湖北、湖南、广西、海南、重庆、四川、贵州、云南、陕西、宁夏等省(区、市)为 0.000016～0.00002；内蒙古、黑龙江、西藏、甘肃、青海、新疆等省(区)为 0.00002～0.0001。

#### 2. 区域不可接受地区经济损失率标准的建议

我国政府将在受灾地区居住一年或一年以上，因灾使生活、生产受到一定程度损害和影响的人口定为受灾人口。

其中，一定程度损害和影响指农作物损失 10%以上或城市居民住房损毁率在 10%以上。

也就是说，当灾害损失没有超过居民收入的10%，则可视为“可接受”经济损失；超过居民收入的10%，则可视为不可接受经济损失，需要国家或社会补贴。对一个地区而言也应该是这样的。由于我国财政收入占国内生产总值(GDP)的10%左右，因此可将全国不可接受地震直接经济平均损失率定为GDP的0.01。

另外，假定某个地区有10%的人群因灾损失达到人均GDP的10%，可视为该地区范围内为受灾区，其总损失也为GDP的0.01。

按这一标准衡量，新中国成立以来地震直接经济损失为460亿元，年均约10亿元，约为平均GDP的0.004，属于可接受范围；但在1966—1978年间，地震损失约336亿，年均约27.9亿，约为平均GDP的0.012，属于不可接受范围。

### (三)关于地震灾害事件等级划分标准的建议

以上划分地震灾害等级的主要指标是死亡人数和直接经济损失，两者的大小与地震的震级、烈度有关，也与震区的人口密度与受灾体价值的密度有关。由于我国自然地理条件和人文经济条件区域差异较大，地震衰减程度和烈度破坏范围以及地震灾害程度各地都不相同，因此不能只根据震级和烈度判定灾害等级。据统计，根据我国未来50年各地区地震可能活动的程度，我国东部财产密度在1000万元/km² 以上地区如果发生5～6级地震，即可形成一般破坏性地震，个别地区可达到严重破坏性地震；如果发生6～7级地震，即可形成严重破坏性地震，个别地震可达到特大严重破坏性地震；发生>7级地震，即可形成特大严重破坏性地震。在城市和经济特别发达的地区，造成的地震等级更高。而我国西部人口少，财产密度小，除个别地区外，发生6～7级甚至7级以上地震，也只能形成一般破坏性地震。由于地震损失量的大小与受灾范围有关，单纯以损失数量而不考虑影响范围的大小来划分地震灾害等级是不科学的，而且随着经济的发展，各个地区受灾体的数量均将不同程度地增长，以绝对值作为地震灾害等级标准，势必其数量不断变化，因此采用相对标准更为科学[18]。由于国家已将损失大于1成(10%)、3成(30%)、8成(80%)定为人口受灾和农作物受灾的轻灾、重灾、特重灾等级划分标准，因此建议：

(1)超过不可接受地震灾害损失的地区，即可视为一般破坏性地震；

(2)相当不可接受地震灾害损失1～3倍，影响面积1000～10000 km² 的地震灾区，即可视为较大破坏性地震(中灾)；

(3)相当不可接受地震灾害损失3～10倍，影响面积10000～100000 km² 的地震灾区，即可视为严重破坏性地震(大灾)；

(4)相当不可接受地震灾害损失10倍以上，影响面积超过100000 km² 的地震灾区，即可视为特大严重破坏性地震(巨灾)。

由此，建议可将巨灾事件标准暂定为全国不可接受直接经济平均损失率的0.1；死亡率取0.001%以上。

以上只是建议，尚未形成国家或行业标准。以上指标基本上是以现状为基础，历史时期死亡人口的数量和比例比现在大得多，因此以下选择的巨灾事件案例，其标准都是暂定的。

## 四、关于巨灾事件损失等级标准划分的建议

根据前面的阐述可知，灾害等级的划分是一项极其复杂而政策性很强的问题。对巨灾事

件损失等级的划分，必须要考虑巨灾的规律性、巨灾的减灾防灾与应急、巨灾对社会发展的影响等问题。

如果以巨灾事件作为单元，采用绝对量制定标准，对研究巨灾的规律可能适用，但是由于巨灾往往影响范围很大，其活动中心向外围或受灾体密度大的地区向周边，可能只是中灾甚至小灾，因此采用绝对量制定标准，无论对防灾减灾或应急，以及研究巨灾的社会影响，都是不适用的。特别是当巨灾影响几个国家的时候，某国是巨灾；另一些国家可能只是一般灾害。如果以巨灾事件作为单元，都定为巨灾，不仅与各国的实际情况不符，甚至遭到各国的反对。

如果以相对损失作为划分巨灾的标准，由于各国或各个地区受灾体的数量、价值和减灾能力差异性很大，有的国家可能损失很大，的确达到巨灾的水平，而另一些国家可能损失总量不大，只是一般灾害，也是不适用的。

考虑种种复杂的问题，我们认为以考虑灾区面积、受灾人口、死亡人口、灾害损失、灾害深度等因子的灾害模量为基础制定巨灾标准最科学。当制定巨灾事件标准时，灾区面积为巨灾影响的全部范围，受灾人口、死亡人口、灾害损失为灾害影响范围内的全部受灾人口、死亡人口、灾害损失，灾害深度为巨灾事件影响范围内平均灾害深度；当针对某一国家或地区时，灾区面积，即是这个国家或地区的面积。为了反映不同情况下的灾害损失程度，可以同时制定绝对损失量标准、相对损失标准、灾害深度标准，以及考虑社会可接受程度的标准。从前面的阐述可知，作者对各项标准指标已经有了初步的意见，但是由于标准的制定有一套严格的程序，且需要有关部门或国家颁布，在此不便作具体的论述。本书使用的为暂定标准。

# 第二章　巨灾事件形成机制问题解析

能量特别巨大的自然灾变事件或损失特别巨大的灾害事件，都可成为巨灾事件。巨灾的发生往往不是单一的，而是由一系列原生灾害、次生灾害、伴生灾害组合在一起形成的，巨灾事件系统的内涵与自然灾变系统及灾害系统是一致的[3,4]。因此，对巨灾成灾机制与影响问题的研究既要研究巨灾事件灾变系统，也要研究巨灾事件灾害系统[1,19,20]。

## 第一节　巨灾事件的灾变系统

### 一、自然灾变

#### (一)自然灾变、自然灾害、巨灾事件的基本概念

自然灾害是以自然变异为主因造成的危害人类生命、财产、社会功能以及资源环境的事件或现象。长期以来，"灾害"与"灾变"的概念混淆不清，包括作者以前的著作中也经常把自然灾变写成自然灾害。实际上两者是既有联系又有区别的。

自然灾害的形成有两个基本因素，其一是自然灾变；其二是受灾体易损性。自然灾害形成的两大因素中，自然灾变是主导因素，又称致灾因子。

自然灾变是自然现象，是自然界事物的变化或异化，与地球表层系统的变化和人类活动有关。

能量特别巨大的自然灾变事件或损失特别巨大的灾害事件，都可成为巨灾事件。因此，巨灾事件系统的内涵与自然灾变系统及灾害系统是一致的。

#### (二)自然灾变的成因分类

自然灾变的形成既有自然因素，也有人为因素。据此划分，前者可称为自然灾变，后者可称为人为自然灾变。

1. 自然灾变

在所有的致灾自然因子中，地球表层系统的活动，即气候系统、海洋系统、地壳构造系统、生物系统等的变化和运动具有最主要的作用。因此，按自然灾变形成的主因，可将自然灾变分为8类：

气象灾变：主要由大气圈活动引起，包括干旱、暴雨、热带气旋、风雹、低温冷冻、连阴雨、干热风、龙卷风、沙尘暴、酸雨、雾等。

洪涝灾变：主要由大陆水圈活动引起，包括洪水、涝、渍等。

海洋灾变：主要由海洋水圈活动引起，包括风暴潮、海浪、海啸、海冰、赤潮等。

地震灾变：主要由地壳运动引起，包括构造地震、矿山地震、陷落地震等。

地质灾变：主要由地壳表层动力活动引起，包括崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降、地裂缝、土地沙化、水土流失、土地盐渍化、海水入侵等。

生物灾变：主要由生物圈活动引起，包括农作物虫害、农作物病害、农田草害、农田鼠害、森林虫害、森林病害、森林鼠害、森林火灾等。

其他灾变：如环境灾变、天体灾变等。

#### 2. 人为自然灾变

人为自然灾变是指在一定自然环境背景下，由于人类活动引起的自然变异所造成的灾变。主要有：

(1)破坏生态环境引起的自然灾变，包括部分水土流失、土地沙化和土地盐渍化等，以及全球变暖、水环境污染造成的灾害；

(2)过量开发水资源引起的自然灾变，如一些地面沉降、地面塌陷、地裂缝、海水入侵等；

(3)因物理、化学、生物污染环境引起的灾变，如赤潮、酸雨、大气污染等；

(4)采矿引起的自然灾变，如岩爆、突水、突泥、瓦斯爆炸、冒顶、矿井塌陷等；

(5)工程与生产活动引起的自然灾变，如一些滑坡、崩塌、水库诱发地震等；

(6)人类过失行为引起的自然灾变，如大部分森林大火、部分溃坝水灾等。

## 二、巨灾事件灾变系统

### (一)巨灾事件灾变链

灾变链是由于原发灾变能量的传递、转化、再分配和对周围环境的影响和破坏而产生的。

许多巨灾，由于等级高、强度大，在它的发生、发展过程中，常常诱发出一系列的次生灾变与衍生灾变，形成巨灾事件灾变链。

在众多的巨灾事件灾变链中，下面几种是最主要的。

#### 1. 台风灾变链

台风(及强热带风暴)是能量很大的自然灾变，它常常引起或诱发巨浪、风暴潮、暴雨、洪水，进而引发滑坡、泥石流等一系列次生灾变，形成台风灾变链(图 2-1)。

#### 2. 寒潮灾变链

大范围、大幅度的冷气团活动，在不同地区、不同条件下，在同一天气过程中，往往造成多种气象灾变，形成寒潮灾变链(图 2-2)。

#### 3. 暴雨灾变链

暴雨可以引起洪涝，触发滑坡和泥石流；由于湿度增加，还可引起一些生物灾害的流行，构成暴雨灾变链(图 2-3)。

#### 4. 干旱灾变链

干旱不仅可以使农作物减产或绝收，引发某些病虫害，而且可以使地下潜水面下降，引起土地沙化、盐碱化、地面沉降、地裂缝，构成干旱灾变链(图 2-4)。

5. 地震灾变链

地震活动往往诱发出一系列次生灾变，如火灾、滑坡、泥石流、水灾、海啸、疾病等，形成地震灾变链（图 2-5）。

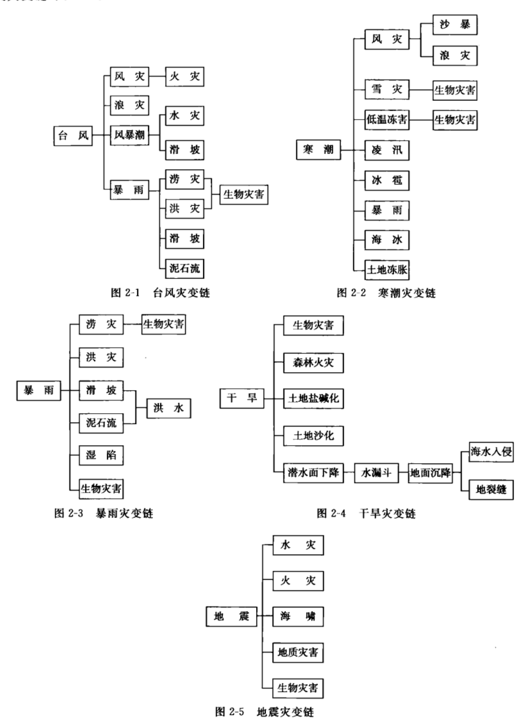



图 2-1　台风灾变链

图 2-2　寒潮灾变链

图 2-3　暴雨灾变链

图 2-4　干旱灾变链

图 2-5　地震灾变链

此外，还有火山灾变链、龙卷风灾变链等，但我国并不多见。

### （二）自然灾变群

在一些地区或某一时段自然灾变丛生、集中出现的群发现象称为灾变群。一个灾变群中可存在一个或多个灾变链。

灾变群是由各种致灾条件叠加所造成的。在空间上，活动构造复合处、地貌的突变处、不同气象系统的接触带等往往是灾变群发的地区。在时间上，太阳活动的极值期、地球自转速度急变期、地球各圈层变化激烈的时期等都是灾变群发的时期。

例如，在我国东西部的地质地貌过渡带——川、滇、黔一带，由于地壳应力梯度大、差异性地壳运动强烈，地震频繁，震级高，烈度高；同时，因为现今地壳运动强烈、地热梯度大、侵蚀切割深，又加上山体断裂发育、岩石破碎风化，故山崩、滑坡严重，泥石流发育；因地势原因，东南气流在这里受到阻截，多暴雨，暴雨山洪又促进了滑坡、泥石流等地质灾变的发生。这样，就形成了一套以地震、滑坡、泥石流、暴雨、山洪为主的自然灾变群。

### （三）地区灾变链与灾变群

自然灾变往往是在一定的自然环境背景下发生在一个特定的地域，但该地域不可能与周围邻区在环境上割离开来。不同地域的自然环境变化是相互关联、相互制约的，因此某一地域的自然灾变及环境变化或多或少总要影响到相邻地域的环境和灾变。这就导致在某一地域出现的自然灾变可影响到相邻地域，促使后者的环境变化，甚至酝酿着或发生新的灾变。因此，地区灾变链与灾变群是指某一地域的灾变导致另外一个地域自然灾变发生的现象。例如，黄河中上游的强烈侵蚀活动以及黄土高原的滑坡、泥石流和冲沟化，使黄河河水含沙量增高，到了下游泥沙淤积河道，形成“地上悬河”，使黄河下游地区发生洪水，洪水再引发次生灾变，形成灾变链与灾变群。

### （四）巨灾事件系统

由巨灾事件灾变链、自然灾变群发事件、地区灾变链与灾变群发事件组成的整体即为巨灾事件系统。

巨灾事件系统属于自然灾害系统的一部分，为了研究其规律性必须首先研究自然灾害系统的形成与发展规律。

## 三、自然灾变系统

### （一）自然灾变的联系性

越来越多的资料说明，各种自然灾变包括巨灾灾变都不是孤立存在的，它们常常形成灾变链和在某一时间或某一地区相对集中出现，形成灾变群，造成巨灾。灾变链、灾变群的存在客观上反映了不同种类的灾变之间的联系性。

1. 现象

（1）地震与气象的关系

根据对中国强震频次的研究，近 500 年来有两个地震活跃期，第一活跃期为 1480—1730

年，历时约 250 年；第二活跃期为 1880 年至现在，已延续了 110 年。值得注意的是，张先恭[28]对我国近 500 年来降水规律的研究，发现有两个干旱期，一为 1475—1691 年；二为 1891 年至现在(图 2-6)。也就是说，地震活动时期与干旱期大致相当。

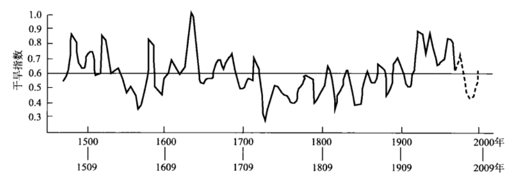



图 2-6　1470—1997 年我国东部地区干旱指数 10 年滑动平均曲线

我国许多地震工作者曾详细研究了雨量与地震的关系，发现我国大地震震中区在大地震前一两年内往往是旱区，即所谓旱—震规律。根据我国气象台记录的降水量资料绘制的 1957—1971 年逐年的全国旱区图发现，发生面积大于 432000 km² 的旱区一两年内可能发生一次 7 级地震，面积大于 252000 km² 的旱区可发生 6 级地震。干旱持续的时间越长，震级越大。1966 年邢台地震、1969 年渤海地震、1970 年通海地震、1973 年炉霍地震前一年，周围地区皆发生大旱。也有一些地区，原来大旱，但在地震前一两年发生洪涝，即旱—涝—震现象，如 1833 年嵩明 8 级地震、1668 年山东莒县 8.5 级地震，震前数年皆为旱区，尔后发生大水，接着发生地震。此外，也有涝—旱—震现象。

地震活动与气温的变化关系十分密切，当气候由暖转冷或由冷转暖的时期，地震活动最频繁。我国近 500 年来地震活跃时期与低温期相当。

震前由于地应力的作用，可使某些气体从地下大量逸出，并可能使气温发生变化，因此常出现局部气温偏高、大气浑浊、地光、臭气等现象。这些已成为预测地震的重要前兆信息。

(2)地震与海温及海平面变化的关系

海洋总质量是大气的 280 倍，其热容量是大气的 1200 倍，如将 100 m 深的海水温度变化 0.1℃，则释放或吸收的热量可使空气温度变化 6℃。因此，海温的变化常与气温及地震显示一定的联系。据中国海洋局的研究，我国海冰最严重的是 1957 年、1969 年、1977 年，显然都处于地震活跃期。

海平面的变化不仅是地球表面温度变化的反映，也是地壳运动的结果；因此与地震关系更为密切。日本地震工作者早已注意到震前或震后海平面的异常涨落。进一步研究发现，海平面的变化并不仅仅是由于地震的震动而引起的突然性异常变化，而且与地震的活动周期似发生着同步性的变化。图 2-7 为中国及邻近地区浅源大震的时序图，显示 1902—1912 年、1920—1934 年、1945—1957 年、1989—1978 年、1988—2000 年的地震活跃幕恰巧是低海面时期。

2004 年 12 月 15—25 日印度尼西亚苏门答腊岛附近印度洋上空存在明显的气旋性环流，海水温度为 29～30℃，较常年同期偏高 0.5～1℃，这与印度洋大地震和海啸的发生可能也有一定的联系。

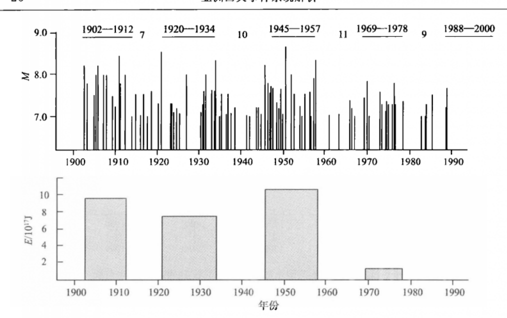



图 2-7　中国大陆及邻近地区浅源大震 $M$-$t$ 和 $E$-$t$ 图

(3)地震与旱涝的关系

孙根年等对关中盆地地—气系统灾变的节律性及耦合关系作了详细的调查研究[2]。

关中盆地是我国历史上的地震多发区。图 2-8 为近 2200 年来关中盆地地震活动的时间节律，它是从数据库中提取 $M_s \geqslant 4.0$ 的地震按震级—时序制作的。该图显示，近 2200 年来关中盆地地震可划分为 3 个活跃期和 3 个平静期。按发生的时间序列，公元前 175 年至公元 194 年为第 1 个活跃期，公元 195—593 年为第 1 个平静期，公元 594—927 年为第 2 个活跃期，公元 928—1367 年为第 2 个平静期，公元 1368—1704 年为第 3 个活跃期，公元 1705—2000 年为第 3 个平静期。

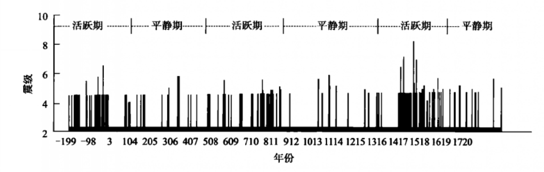



图 2-8　近 2000 年来关中盆地历史地震 $M_s$ 的节律性

近 1700 年以来关中盆地世纪尺度的旱涝变化可划分为 4 个阶段，干旱期与洪涝期的交替周期大致为 4 个世纪。其中，公元 4—7 世纪为干旱期，平均旱涝指数 3.38，每世纪大旱 5～11 次，平均 7.75 次，大涝 1～3 次，平均 2.5 次；公元 8—11 世纪为洪涝期，平均旱涝指数 3.17，每世纪大旱 4～9 次，平均 6.5 次，大涝 7～10 次，平均 8.75 次；公元 12—16 世纪为干旱期，平均旱涝指数 3.37，每世纪大旱 3～11 次，平均 6.8 次，大涝 1～6 次，平均 2.8 次；公元 17—20 世

纪为洪涝期，平均旱涝指数3.02，每世纪大旱8～12次，平均9次，大涝12～16次，平均13.5次。从其演化趋势来看，21世纪关中盆地可能进入一个干旱期。

选取历史地震与旱涝记录同步匹配的近16个世纪，用$M_s \geqslant 3.0$有感地震与较为严重的旱涝灾害制作世纪尺度耦合分析(图2-9)。可以发现，在近1600年来关中盆地地震活动的活跃期旱涝灾害亦较多发生，反之，在地震活动的平静期旱涝灾害则较少发生。依据地震和旱涝灾害在时间上对应关系，可将关中盆地地—气系统环境灾变的世纪节律划分为5个阶段，它包括3个平静期和2个活跃期，活跃期与平静期交替出现，每个阶段的长度约为3～4个世纪。

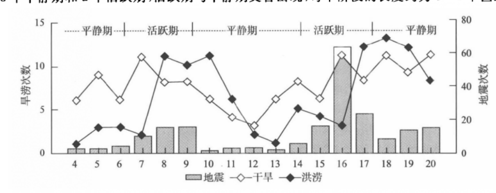



图2-9　关中盆地世纪尺度地震活动与旱涝灾害的耦合关系

从地震与旱涝灾害发生的时间位相来看，关中盆地地—气系统环境灾变的耦合大致具有“先旱、后震、再涝”的转换关系(图2-9)。

从以上分析可以发现，在世纪尺度上，关中盆地地—气系统环境灾变的节律性和耦合关系似乎受某种规律支配，并具有历史的必然性。

2. 空间上的联系性

自然灾变是在一定环境条件下产生的。经过漫长的历史演变，地球在运动中从混沌状态分异为包括地核、地幔、地壳、水、大气、生物诸圈层的自组织地球系统和它的各个子系统。地球表层系统的发展和演变，在形成自然环境系统的同时，也由于自然的或人为的变异而导致了灾变。

在地球运动过程中，地球动力的作用在地壳表层形成了各种构造形迹，包括构造隆起、拗陷、断裂等。这些构造形迹，特别是规模较大者，不仅控制了地层、岩浆岩、地球化学带、地震活动带等的分布，也决定了山川形势和地理地貌轮廓，控制了土壤和植被的分布，地表径流的方向和地下水文系统，而且作为下垫面影响着天气系统和天气形势……，从而形成了统一的自然环境系统。这种环境统一性，决定了自然灾变空间分布的联系性。例如，构造隆起带控制了山系，沿山系则出现了包括崩塌、滑坡、泥石流、地震、水土流失、森林灾变的灾变群；构造拗陷带控制了盆地和平原，这些地势较平坦的地带则出现了包括干旱、地面沉降、洪涝、土地沙化、土地盐碱化、农业灾变为主的灾变群。又如，由于降雨受季风气候控制，因此洪水灾变主要分布于24 h 50 mm降雨等值线以东，即燕山—太行山—伏牛山—武陵山和苗岭以东地区，这些地区中地势陡峭的地方，也是滑坡、泥石流的多发区；由于乔木的生长范围主要在年降水量400 mm以上的地区，故这些地区也是森林病虫害的多发区。

初步研究认为，华北地区干旱灾害、地震灾害、洪涝灾害、地质灾害、海洋灾害、农业生物灾

害都很严重，是一个灾害区。福建省热带气旋、洪水、风暴潮、地震及地质灾害严重，也是一个灾害区。

3. 时间上的联系

各类自然灾害往往在某些时段相对集中或出现群发的局面，称为灾害群发期。初步研究认为，近 500 年地震有两个明显的活跃期，即 1480—1720 年和 1880 年至今。根据对气候的研究，这一时段也存在两个干旱期，即 1479—1691 年和 1891 年至今。这两个时期即为灾害期。

在第一个灾害期中，1600—1700 年灾情最重。这一时期是我国历史上的低温期，连年大旱，1638 年、1641 年大旱遍及西北、华北、华东、中南、西南，旱情之重千年难遇。1653—1679 年黄河、淮河、海河、辽河、松花江、珠江等流域洪水成灾。1668—1709 年华北出现 8 级地震 3 次、7～8 级地震 3 次、6～7 级地震 3 次。此外，台风、风暴潮、蝗虫、瘟疫都很严重。

一个灾害期中又包含若干时间尺度较短的灾害幕，如 1895—1912 年、1920—1934 年、1945—1957 年、1965—1978 年、1988 年至今，都是多灾频发的时段。

自然灾变的韵律性起因于地球诸圈层运动变化韵律的同步性，因此是地壳运动的统一性造成了各种自然灾变在时间上的联系性。

众所周知，地质历史时期每一场地壳运动不仅在岩石圈中形成了显著的构造形迹，导致岩浆活动，同时引起海水进退、气候剧变和生物界飞跃发展。根据地质考察、历史记录和现代观测，发现地壳活动、海水涨落、气候变化、生物发展等，共同存在着日、月、年、5～6 年、11 年、22 年、35 年、90 年以及尺度更大的周期变化。因此，由这些自然变化所导致的自然灾变也存在共同的韵律性。

3. 成因上的联系

一些自然灾变，特别是强度较大的自然灾变，在它们的发生和发展过程中常常诱发出一系列的次生灾变和衍生灾变。这种灾变成串出现的灾变链，反映了灾变的成因联系。

一些强度较大的自然变异，也可以导致许多不同种类的灾变发生，这种同源性也反映了灾变的成因联系。例如，剧烈的地壳形变，在导致地貌剧变发生崩塌、滑坡的同时，也可以引起地震、海水入侵等灾变；一场寒潮可同时发生霜灾、雪灾、海冰等。

更大的变异如太阳的活动，可以同时影响地球的运动、气温的升降、海洋的变化、生物的变异，从而导致多种自然灾变发生。这些灾变之间无疑也存在成因上的联系性。

## （二）自然灾变的层次性与整体性

地球系统是一个开放的自组织系统。根据耗散结构论，开放系统在不断与外界环境进行物质与能量的交换过程中，如获得足够的负熵流，则负熵流在系统内部的流通转化会诱导整个系统产生自组织过程，将使系统不断由混沌不均匀到多等级的层次出现，从而在远离平衡态的条件下，产生有序稳定结构，这就是开放系统的有序化。地球系统的有序化，经历了漫长的非线性螺旋递进式发展，其有序度随着时间推移而递增，其子系统随着地球系统的发展而增多，其层次越来越多、越来越复杂。自然灾变系统便是地球系统的一个组成部分，也呈现层次性的特征，表现在三个方面。

第一，自然灾变系统是由气象灾变系统、海洋灾变系统、地质灾变系统、生物灾变系统所组成。每一个子系统都主要是由所在圈层的物质运动和变异形成的，并受到地球整体运动的控

制和其他圈层运动变化乃至天文的影响。每一个子系统又包含了若干范围小的和更小的子系统，如地质灾变系统中包含地震灾变系统、环境地质灾变系统、山地地质灾变系统、平原地质灾变系统等。其中，每一个更小的子系统，有自身运动的特殊性，但又受地球系统的总体结构和演变的制约。

第二，自然灾变活跃期中存在不同尺度的周期。例如，在百年尺度的地震与旱涝周期中存在 22 年周期、11 年周期等；海平面变化 11 年周期中包含 5～6 年、年、月、日周期变化等。

第三，自然灾变的发展过程具有层次性。如台风可引起暴雨；暴雨引起洪水；洪水引发泥石流和滑坡；滑坡和泥石流可能阻塞河流，破坏堤坝，并再次发生洪水；洪水使农作物受害等。

综上所述，自然灾变彼此相联系的整体系统，主要受控于地球及各个圈层的整体运动和相互作用，以及太阳等天体的影响和作用。各种自然灾变及其诱发的各种次生灾变与衍生灾变，都是这个整体系统中不同层次、不同性质的构成部分。自然灾变系统在发生和发展过程中对人类社会造成一定的影响，但人类的社会经济活动，也反馈于自然灾害系统，它们又共同促进自然环境的变异，而自然环境的变异对人类的生存和活动、自然灾变的形成和发展乃至地球及各个圈层的变化又进行着反馈作用和影响(图 2-10)，所有这些都是地球表层系统乃至更大的地球系统发展变化中的一个层次[22]。

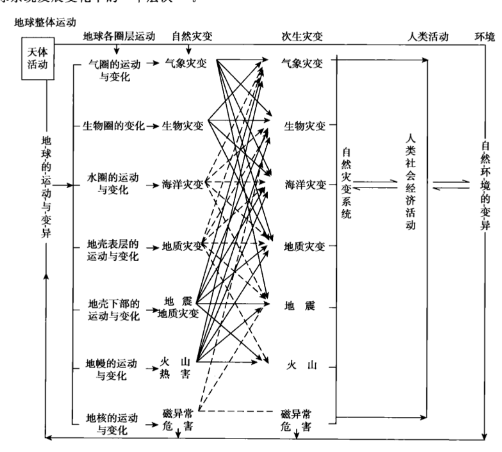



图 2-10　自然灾变系统图解

## 四、自然灾变系统形成的主要因素

自然灾变的形成，既有自然因素，也有社会因素。

### （一）自然因素

引起自然灾变的自然因素主要是地球和各圈层物质的运动和变化，地球的运动和变化是自然灾变形成的主因。因此，为了搞清自然灾变的形成规律，首先应该了解一下地球形成与演化的知识[21]。

#### 1. 地球的形成与演化

关于地球的起源至今尚无一致的意见。许多人认为地球最初是围绕太阳旋转的宇宙原始物质或者是由旋转的太阳甩出的一团旋转着的星云物质。一方面在引力的作用下，该星云物质发生收缩，并获得引力能，引力能可以转化为热能，同时由于放射性物质蜕变所释放出的热能，两者合在一起使原始地球逐渐加热融熔。另一方面，由于星云物质收缩，必然使这团星云物质旋转角速度增加，离心力增大，于是在引力、离心力和热能的联合作用下，这团星云物质的内部便发生了分异。

当温度超过了铁的熔点，原始地球的铁元素就以液态出现，液态铁及少量的镍元素由于密度大而逐渐向地心聚集形成地核。在地核的形成过程中，由于重物质的下降又释放出大量重力势能，势能可转化为热能，使地球保持融熔状态，并在铁镍物质下降的同时，较轻的硅酸盐物质上浮，形成硅酸盐地幔和地壳。从地球核心向着地壳，岩石由铁质核心→橄榄岩、榴辉岩→辉长岩→玄武岩、花岗岩等渐次变化，这恰好反映了一个物质密度递减的系列。

当星云物质最初凝聚在一起的时候，气体可能像海绵中的气体一样充填在星云的其他物质中，随着引力收缩，便把气体挤到地球表面上来形成大气圈。在地球凝固的过程中，各类气体又不断地通过岩浆活动和火山作用从地球内部排出进入地球的大气圈。早期的地球大气圈物质大部分为水蒸气，例如当代火山活动排出的气体中，水蒸气占 75%以上，地球早期的火山活动更为频繁，大气圈中的水蒸气含量可能更高。大气圈中的水分降到地表，地壳以内的水也被挤到地表，它们汇合在一起形成了地球的水圈。原始海洋在太古宙即已出现（因有水成岩），在近 40 亿年的时间里，因地壳内部的排气、排水作用而逐步增长，扩大到现在的状况。

水圈和气圈的出现，为生物繁衍创造了基本的环境条件，经过了几亿年的生物进化，形成了繁荣的地球生物圈，并在几百万年前出现了人类。至此，由于地球的分异，地球的各个圈层——地核、地幔、地壳、水圈、大气圈、冰雪圈、生物圈等逐渐形成。

#### 2. 地球各圈层的特点

地球形成 50 亿年以来，仍在不停地转动着，其各个圈层也在不断地运动着、变化着，形成了各个地质时期的各种地质现象和自然现象。迄今，运动仍在继续，尤其是与人类关系密切的地球表层系统——大气圈、水圈、生物圈、岩石圈、冰雪圈经常发生的异常变化，常常引起生态环境的变化和自然灾变的发生。

为了认识各类自然灾变形成的规律，我们首先需要了解一下地球各个圈层的特点。

(1)地核。地球的核心为地核，占地球总体积的 16.19%，总质量的 31.44%。主要成分为

铁,约占 90%;其次是镍,约占 9%;其他成分主要为硫和硅。由于地核的压力大于 1550 t/cm²,温度高达 5000℃,密度在 9 g/cm³ 以上,所以地核可能是液态的。

(2)地幔。地核之上为"地幔",占地球总体积的 82.26%,由富锰贫铝的所谓"橄榄石"型硅酸盐岩石组成。地幔的化学成分以富镁、硅、氧为特征,所以主要为镁、铁硅酸盐组合。

地幔进一步可分为上地幔与下地幔,地幔的上部为软流圈。软流圈物质相当于二辉橄榄岩的成分,是岩浆的主要策源地。在大洋裂谷、大陆裂谷及年青造山带,软流圈的位置升高,岩浆活动强烈。

(3)岩石圈。岩石圈是包括地壳和部分上地幔的固态层壳,位于软流圈之上。其厚度变化很大,在洋脊处接近于零,而在大陆下有时可达 140 km 以上,平均厚 77 km,总质量为 $124\times10^{18}$ t。岩石圈从上向下可分为沉积层、基底层(硅铝层与硅镁层)、幔岩层。

(4)水圈。岩石圈之上为地球的水圈。地球总面积的 71%被海洋覆盖,估计占有面积 3.6 亿 km²,平均深 3.7 km,体积为 13.4 亿 km³,相当于地球总体积的 0.15%,占地球全部含水量的 97.2%。

(5)冰雪圈。水圈除了以液态形式出现的海洋、河、湖外,还有以固态形式出现的两极巨大冰帽和一些高山冰川,有人称为冰雪圈。北极的冰帽主要分布在格陵兰,20 世纪时面积 215 万 km²的陆地约有 164 万 km² 被厚冰覆盖,有的地方冰厚达 1.5 km,约占地球全部冰量的 10%。南极的冰帽更大,覆盖面积达 1280 万 km²,平均厚度 2.4 km,有的地方达 5 km,约占地球全部冰量的 86%。在许多海拔 5000 m 以上的高山上还有现代冰川。地球上的冰总计约 3700 万 km³,近代冰雪在逐渐融化,冰帽面积逐渐缩小,如全部融化可使海洋平均水位上升 60 m以上。

在地质历史上,冰川的规模时大时小。在冰川极盛时期,冰帽总量比现在多 3～4 倍,海平面比现在低 120 m,那时,现在水深 130 m 的大陆架边缘是真正的大陆边缘。大陆架的平均宽度大约为 80 km(一般东海岸宽、西海岸窄),也就是说,在冰川极盛时期,大陆面积要扩大 2600 万 km²。

(6)大气圈。地球外层为大气圈。大气的结构、成分和性质主要随着高度而变化,从下而上可分为以下 5 层。

①对流层——温度随高度直线递减。对流层的高度在两极地区约为 9 km,在赤道约为 17 km,引起对流的能量主要来自地面辐射差异。对流层的大气成分有氮、氧、氩、氖、氦、氙、甲烷、一氧化碳、二氧化碳、水汽等。

②平流层——对流层之上温度回升,到约 50 km 高处,温度回升到接近地面温度。在该层,因大气多平流运动,故叫平流层。平流层的能量主要来自太阳辐射。平流层的大气成分主要是氮、氧。平流层中,20～35 km 范围内臭氧集中,为臭氧层。

③中间层——距地面约 50 km 以上,温度又随高度下降,这一层叫中间层。顶面约距地面 85 km。

④热层——中间层以上为热层。它吸收太阳能,最初温度随高度增加很快,以后变慢,乃至进入和高度无关的恒温。

⑤散逸层——热层之上为大气圈的外层,它的边界可达 6400 km。

大约在距地面 50 km 以上,大气开始发生光电离,一部分中性原子受太阳的作用而分成离子和电子,这一层叫电离层,高达数百千米。电离层之上为等离子层和磁层,主要的粒子是

质子和电子，其分布受太阳风和磁场的控制。

(7)生物圈。地球上的生物主要发育在大气圈对流层、水圈和岩石圈上部，构成了一个依附于水资源与空气资源的生物圈层。

3. 地球自然环境的变化和自然灾变的形成

地球在不停地运动，地壳在不断地变化。地壳运动有时缓慢、有时激烈。据研究，尺度不等的灾变期及地质历史上山川、生物剧变的所谓"造山运动"时期，发生在地壳运动激烈时期；而在地壳运动和缓时期，主要表现为环境的演变。环境可分为大气环境、海洋环境、地质环境、生态环境等，实际上是地球气圈、水圈、岩石圈、生物圈发展与演化，即地壳运动的必然现象。当这些环境发展演化到不适宜人类和生物生存繁衍的程度，便出现了所谓环境恶化问题，或称环境灾害，进而便出现各种自然灾变。因此，环境变化与灾变是有成生渊源的，都是地壳运动中地球气、水、岩石、生物诸圈层物质运动与变化的表象。如果认识到气象灾变、海洋灾变、地质灾变与地震灾变、生物灾变分别是由地球的气圈、水圈、岩石圈、生物圈的运动和变异及各圈层相互作用引起的话，就不难理解自然灾变的产生与地壳运动的密切关系了。可以说，自然灾变像气候变化、构造运动、生物演变等一样，都是地壳运动的一种现象。

早在人类出现之前，中国大陆就曾发生过多次百万年、千万年、亿年等尺度不同的准周期的从和缓到激烈的地壳运动。每一次地壳运动，不仅导致了强烈的构造运动、岩浆活动、海水进退、气候变化，而且使生物界发生了巨大的变化，使生物出现了灭绝、迁移、进化等现象。

进入第四纪，寒冷的冰期使大批生物消亡，而类人猿迫于气候的变化和森林的消失，从树上转移到地面，在长期的求生活动中锻炼自己，完成了从猿到人的进化，实现了飞跃性的发展。以后又经历了多次大大小小的地壳变动、环境巨变和自然灾变期，严酷的环境对人类造成了巨大的伤害和损失，即形成了自然灾害。

地球各个圈层的出现，是地球发展演化过程中的阶段性产物，现今的圈层不同于过去，今后各个圈层仍会变化。地球各个圈层的物质不同，运动状态不同，因此便出现了不同的自然变异。当这些自然变异的强度超过一定程度，就会发生灾变，形成自然灾害。自然灾变是全球变化的产物，不同圈层的变异形成不同类别的自然灾变：

气圈中天气的异常变化导致暴雨、洪水、风雹、寒潮等灾变，统称为气象灾变；

水圈中海水的异常运动和变化导致风暴潮、风暴海浪、海啸等灾害，统称为海洋灾变；陆地水的异常活动导致洪水灾变和涝渍灾变，统称为洪涝灾变；

岩石圈中岩体和土体异常运动和变化导致地震及崩塌、滑坡、泥石流等地质灾变，统称为地质灾变；

生物圈中有害生物的暴发或流行导致农作物和森林病虫鼠害，统称为农林生物灾变。

自然灾变并非人类诞生以后才出现的自然现象。地球诞生几十亿年来，在漫长的地质历史进程中，出现的那些大规模火山爆发、岩浆活动、海侵与海退、气候剧变、生物灭绝以及陨石撞击等自然灾变事件，与现代自然灾变实际上是一脉相承的。因此，现代自然灾变的变化规律，应该是地质时期自然变异演化规律的延续。

（二）社会因素

人类出现以后，便以生物界前所未有的能力对自然界进行干预。为了满足人口和社会经济发展的需求，人类无节制地向自然界索取土地、淡水、空气、矿产等资源，并将越来越多的废料遗弃在地球表层，加之人类工程活动对自然环境随心所欲地改造和破坏，使地球生态环境日益恶化，这是近年来全球很多地区灾害丛生的一个重要原因。

中国地域广大，环境复杂多变，一方面有丰富的物产、秀美的河山、肥沃的土地、适宜的气候，孕育了中华民族的文明和发展；但另一方面由于自然变异和人类社会活动，特别是近年来人口剧增，过量开发资源，破坏环境，以及不合理的经济活动和盲目发展，致使不良环境问题日益严重，引发或加剧自然灾变，进而影响了社会经济发展，甚至危及人类生命、财产的安全。主要问题是：

(1)破坏森林植被，不但造成严重水土流失，而且加剧了自然灾变；

(2)破坏草场，荒漠化急剧发展；

(3)过量开采水资源，使地表水体萎缩，地下水位下降，并造成地面沉降、地面塌陷、海水入侵等灾变；

(4)严重的环境污染不但使土地和淡水资源质量降低，直接危害人类健康和正常生活，而且导致大面积酸雨和赤潮等灾变；

(5)生物多样性减少；

(6)过多的温室气体排放，促进气候变暖和海平面上升。

## 第二节　巨灾事件的灾害系统

### 一、巨灾事件灾害系统的基本概念[4]

自然灾害是由自然灾变引起的对人类社会的危害，是给承灾体造成的损失和破坏，属于社会问题。衡量自然灾害的标准是受灾体的损失破坏程度和数量。

自然灾害的形成有两个基本条件，其一是自然灾变；其二是受灾体易损性。自然灾变的形成具有自然与社会双重性；受灾体也包括自然环境和资源，因此自然灾害也具有自然与社会双重性。自然灾害形成的两大因素中，又各包含若干因子，它们像自然灾变一样也具有层次性和联系性。在自然灾变与受灾体易损性两个基本条件制约下，自然灾害以受灾体的损毁程度显示出来，受灾体的损毁以及经济损失又可能影响社会经济环境和自然环境，从而影响了致灾的自然因素与社会因素，削弱或加剧灾变，如此联系和互馈，构成自然灾害系统。

由巨灾事件构成的灾害系统，可称为巨灾事件灾害系统。根据自然灾变和受灾体的类型，巨灾事件灾害系统可分三种类型。

第一类，巨灾灾变链灾害系统，指某种巨大的灾变及其突发性次生灾变使各种受灾体损毁所造成的直接灾害损失、间接灾害损失、衍生灾害损失的总体。主要有干旱灾害系统、台风灾害系统、地震灾害系统、洪涝灾害系统等。

第二类，巨灾灾损链灾害系统，指某类受灾体遭受巨大的灾变危害所造成的直接灾害损失、间接灾害损失、衍生灾害损失的总体。如房屋损毁—砸坏机械设备—机械设备损毁造成停工、停产—停工、停产再造成生活与生产的影响和损失等。

第三类，巨灾灾变群灾害系统，指某一地区在某一时段由同时发生的多种巨灾使各种受灾体损毁所造成的直接灾害损失、间接灾害损失、衍生灾害损失的总体。

巨灾事件灾害系统是自然灾害系统的特殊类型，其评价体系两者是一致的。

## 二、自然灾害系统的基本框架

无论哪一种类型自然灾害系统的构成，都包括四项基本要素。

致灾因子(灾变活动)——主要有气象灾变、洪涝灾变、海洋灾变、地质灾变、地震灾变、生物灾变和人类活动引起的人为自然灾变；

社会受灾体——主要包括人口、财产、资源、环境等；

社会承灾能力——主要由受灾体易损性、社会可接受灾害影响程度和减灾能力、减灾有效度所决定。

灾害损失——包括危害人类生命和身心健康、损坏人类劳动创造的物质财产、破坏生产、影响社会功能和秩序、破坏人类赖以生存与发展的资源与环境。灾害损失包括直接灾害损失、间接灾害损失、衍生灾害损失。

自然灾害系统的构成可由图 2-11 表示。

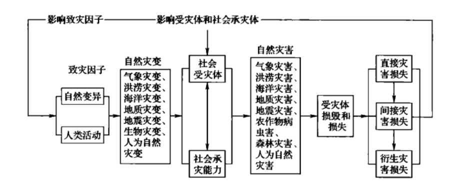



图 2-11　自然灾害系统基本框架

## 三、决定巨灾事件的主要因素

### (一)自然灾变的等级

在形成巨灾事件的各种致灾因子中，自然灾变是主导因子，不同种类的自然灾害是由不同种类的自然灾变引起的。自然灾害的大小等级，与自然灾变的大小等级正相关。中国主要自然灾变的种类及等级划分[5]如表 2-1。

**表 2-1　中国主要自然灾变及等级划分简况**

| 自然灾变 | | 灾变指标 | 灾变等级 |
|---|---|---|---|
| 气象灾变 | 旱灾 | 降水距平百分比 | 2 级：一般旱、重旱或大旱 |
| | 雨涝 | 积水深度、积水时间 | 3 级：轻涝、中涝、重涝 |
| | 热带气旋 | 中心附近最大风力 | 5 级：热带低压、热带风暴、强热带风暴、台风、超强台风 |
| | 大风 | 风力 | 3 级：一般大风、较强大风、特强大风 |
| | 冰雹 | 冰雹粒径、降雹时间、积雹厚度 | 3 级：轻雹、中雹、重雹 |
| | 寒潮和冷空气 | 降温幅度、温度负距平 | 3 级：一般冷空气、强冷空气、寒潮 |
| | 霜冻 | 百叶箱最低温度 | 4 级：一般霜冻、严重霜冻、极严重霜冻、毁灭性霜冻 |
| | 低温冷害 | 影响面积与作物面积比 | 4 级：一般低温冷害、中等低温冷害、严重低温冷害、特严重低温冷害 |
| | 雪灾(白灾) | 降雪量、积雪深度、积雪天数、积雪面积 | 4 级：轻微雪灾、中等雪灾、严重雪灾、极严重雪灾 |
| | 干热风 | 最高气温、风速、相对湿度 | 3 级：弱干热风、中等干热风、强干热风 |
| | 龙卷风 | 风速、直径、移动路径 | 5 级：1 级、2 级、3 级、4 级、5 级 |
| | 沙尘暴、雷暴、连阴雨、酸雨、雾害等 | 因灾而异 | 雾害分为 3 级：轻雾、中雾、重雾。其他暂不分等级 |
| 洪涝灾变 | 暴雨洪水、冰凌洪水、山洪及涝渍等 | 重现期 | 5 级：一般洪水、较大洪水、大洪水、特大洪水、罕见的特大洪水 |
| 地震 | 构造地震、水库地震、矿震等 | 地震能量(震级) | 5 级：超微震、微震、小震、中震、大地震 |
| | | 地震影响(烈度) | Ⅰ～Ⅻ度 |
| 地质灾变 | 崩塌 | 体积 | 4 级：小型崩塌、中型崩塌、大型崩塌、特大型崩塌 |
| | 滑坡 | 体积 | 4 级：小型滑坡、中型滑坡、大型滑坡、特大型滑坡 |
| | 泥石流 | 冲出固体物质体积 | 4 级：小型泥石流、中型泥石流、大型泥石流、特大型泥石流 |
| | 地面塌陷 | 塌陷数量及影响面积 | 4 级：小型塌陷、中型塌陷、大型塌陷、特大型塌陷 |
| | 地裂缝 | 累计长度和影响范围 | 3 级：小规模地裂缝、中等规模地裂缝、大规模地裂缝 |
| | 海水入侵 | 氯离子含量 | 4 级：非入侵区、轻微入侵区、严重入侵区、极严重入侵区 |
| 海洋灾变 | 风暴潮 | 增水值 | 4 级：风暴增水、弱风暴潮、强风暴潮、特强风暴潮 |
| | 海浪 | 波高 | 3 级：狂浪、狂涛、怒涛 |

续表

| 自然灾变 | | 灾变指标 | 灾变等级 |
|---|---|---|---|
| 海洋灾变 | 海啸 | 波幅 | 4级:1级海啸、2级海啸、3级海啸、4级海啸 |
| | 海冰 | 结冰范围和厚度 | 5级:1级、2级、3级、4级、5级 |
| | 赤潮 | 发生范围 | 4级:轻赤潮、中等赤潮、严重赤潮、极严重赤潮 |
| 生物灾变 | 农作物生物灾变 | 成灾面积 | 4级:轻害、中害、重害、特重害 |
| | 森林生物灾变 | 发病率 | 4级:轻害、中害、重害、特重害 |
| | 畜牧业生物灾变 | 发病率 | 4级:轻害、中害、重害、特重害 |
| 森林火灾与草原火灾 | | 燃烧面积 | 4级:火警、一般火灾、重大火灾、特大火灾 |
| 其他灾变 | | 因灾而异 | 视具体情况确定 |

（二）社会受灾体的价值

社会受灾体是自然灾变侵害的对象，受灾体数量越多，自然灾变造成的损失越大。亚洲主要受灾体的地区分布很不均匀，地下矿产分布如(彩)图2-12所示。

（三）社会承灾能力

当社会受灾体遭受自然灾变侵袭时，如果社会承灾能力很强，则很难造成灾害；只有当社会承灾能力小于自然灾变侵袭能力时，才会造成自然灾害。影响社会承灾能力的主要因素是受灾体易损性、减灾能力、减灾有效度和社会可接受灾害影响程度。

1. 受灾体易损性

易损性又称脆弱性，指在一定灾变条件下的受灾体损毁程度。易损性大小的主要标志是受灾体损毁程度和损失(毁)率。

受灾体遭受灾变侵扰后，所做出的反应有很大的差异：可以基本完好无缺，仍然具备原有功能和价值；可以发生一定程度的破坏，功能和价值受到部分损失；可以完全毁坏——生物死亡、流失，工程设施发生毁灭性破坏，物资流失、腐烂，设施、设备功能和价值完全丧失。不同受灾体在受到不同种类、不同强度灾变危害时的破坏情况千差万别，灾害损失大小不同的关键因素是受灾体易损性。

受灾体易损性是个复杂的问题，既与自然灾变的强度和作用方式有关，也与受灾体的性质、结构构造以及灾害发生时的环境条件有关。这一方面的研究是一个薄弱环节，目前只有对受灾体遭受地震侵袭的易损性研究比较深入，研究的重点主要是确定受灾体损失率。

受灾体易损性的大小可由受灾体的损毁程度和损失(毁)率反映出来。根据损失(毁)率的大小一般分为轻度、重度、特重度三个损毁等级，大体相当10%～30%，30%～80%，>80%的损毁率(随着评估工作的进展，可作更详细的划分)。

需要说明的是，由于受灾体种类繁多，因灾破坏方式千差万别，所以准确界定受灾体损毁标志，划分损毁等级是一项十分复杂的工作。严格地说，应该根据各种受灾体的成分组成，物

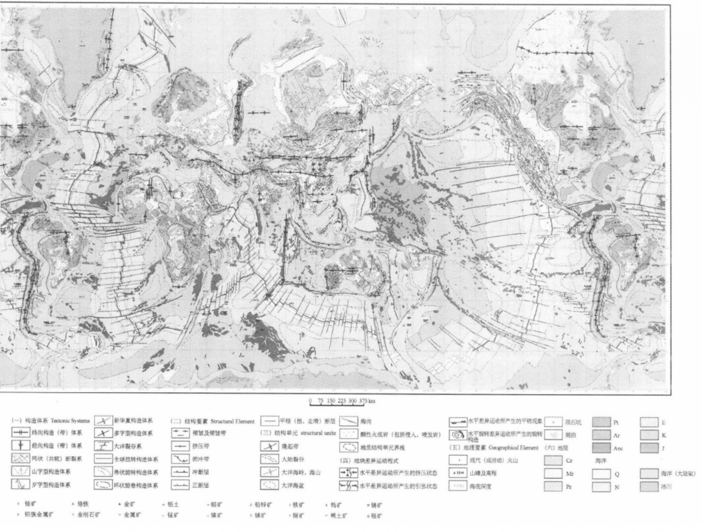



图2-12　全球构造与超大型矿产分布图

理化学性质，功能性能的测试、试验、鉴定结果确定灾损等级，但是目前我国技术标准还很不完善，一般情况下大多只能根据直观标志判断受损程度。

2. 社会减灾能力

减灾能力越大，发生灾害的概率越小，灾害损失越轻。社会减灾能力包括减灾基础能力和相对减灾能力。衡量区域减灾能力的功效，一方面固然要考虑区域减灾基础能力的大小，另一方面也需要考虑区域受灾程度的大小。区域减灾基础能力与受灾程度的比值称为相对减灾能力指数，据此可计算出中国区域相对减灾基础能力分布图。

3. 减灾有效度

衡量区域减灾能力的另一个相对指标是减灾有效度。

减灾有效度指减灾能力对减轻灾害损失达到的有效程度。减灾有效度的大小是由减灾基础能力和减灾管理能力共同决定的。由于灾害损失＝承灾体价值×损失率×(1－减灾有效度)，所以在灾害损失等同的情况下，承灾体价值愈大，灾变程度愈高，其减灾有效度愈大；相反，承灾体价值愈小，灾变程度愈低，减灾有效度愈小。

4. 区域可接受灾害影响程度

区域可接受灾害影响程度是区域承灾能力的一项重要指标。如，中国东部地区对自然灾害影响可接受程度最高，中部次之，西部最低。

(四)自然灾害经济损失和受灾人口、死亡人口[6]

受灾人口、死亡人口数量，可由直接调查统计获得，经济损失则需要调查、统计、计算。

1. 自然灾害直接经济损失

自然灾害直接经济损失指的是有形受灾体因灾直接造成的初始化经济损失，包括因灾损毁的受灾体价值或修复费用等。

(1)自然灾害直接经济损失核算

受灾体经济损失最终表现形式均为价值损失。因此，一般采用财务核算方法评价灾害经济损失，即以单位受灾体价值损失乘以受灾体损毁数量作为基本模型进行经济损失核算。

(2)单次自然灾害事件经济损失核算

单次自然灾害是指一次独立的具有连续统一动力过程的自然灾害事件，包括主体灾害和次生灾害链。这个解释概括出单次自然灾害的基本特征：在时间上具有连续过程，即如果灾害动力过程发生一定程度的间断，即使是同一类灾害也不属于同一次灾害事件；空间上分布在同一地区或同一区域，也就是说，对于发生在同一时间，但不同区域的同一类型灾害，不属于同一灾害事件；在灾害动力方面，同一灾害事件一定要属于同一动力来源，也就是说，即使发生在同一地区、同一时间的灾害，如果灾害动力不同，其灾害种类不同，也不属于同一灾害事件，相反，如果发生在同一地区、同一时间的灾害种类虽然不同，但其属于同一动力来源，则为同一灾害事件。

单次灾害经济损失是指一次灾害事件所造成的直接经济损失。

(3)区域受灾综合程度评价指标体系

一个地区往往遭受多种自然灾害的侵袭，并表现出多种受灾形式。为了反映区域自然灾

害直接损失综合程度，需要对各种自然灾害造成的多种形式的损失进行综合评价。

区域受灾综合程度评价指标体系分为四个层次（图 2-13）。其中，基础层（D）为反映灾害程度的相关指标的调查统计值或初级分析指标；过渡层（C）为反映灾害损失、受灾率、受灾模量、人均灾害损失度的初步分析综合值；分析层（B）为反映灾害程度两大指标——灾度与灾强的综合评估值；目标层（A）为区域受灾程度的综合值。

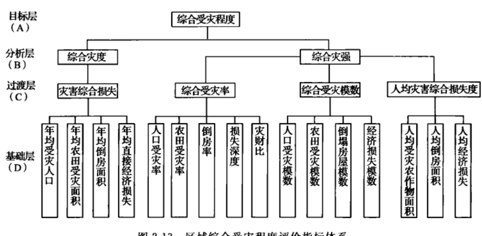



图 2-13　区域综合受灾程度评价指标体系

2. 自然灾害间接损失和衍生损失

（1）自然灾害间接损失与衍生损失是直接损失的外延

自然灾害间接损失指因灾害直接破坏损失的后延效应造成的损失。如，厂房破坏（直接损失）导致的停工、停产，路基破坏（直接损失）导致的交通中断等所造成的损失。

自然灾害衍生损失指由灾害间接损失的后延效应造成的损失，如交通中断影响物资运输而再造成的损失；还包括由自然灾害对人口、资源、环境的深远影响而造成的损失。

目前，我国灾害评估仍处于对直接灾害损失的认识和评估阶段。对自然灾害间接损失与衍生损失研究甚少，开始探索的仅是自然灾害对资源、环境安全和自然灾害对经济可持续发展影响的初步分析。

（2）自然灾害对资源、环境安全的影响

自然灾害破坏土地、水、森林植被、海洋等资源和生态环境，恶化人类生存发展条件。由于连年战乱和多种自然灾害的影响，20 世纪前期成为中国自然资源和生态环境破坏最严重的时期，水土流失、沙漠化迅速发展，对土地资源、水资源、森林植被和区域环境造成严重危害。新中国成立以来，虽经大力治理，但因自然灾害严重，加之人为因素，资源、环境破坏的形势仍十分严峻，由此所造成的损失属于间接灾害损失或衍生灾害损失。

（3）自然灾害对经济发展的影响

发展经济是我国的国策。通常认为，经济发展的主要条件是市场经济体制、新技术的推广应用、充足的资源和有效的环境保护。除了这些正面因素外，还有一个负面的因素往往被人们所忽略或没有引起足够的重视，即自然灾害的影响，由此所造成的损失属于衍生灾害损失的范畴。

自然灾害对我国经济发展影响极大，自然灾害每年均有发生。一方面，由于经济的不断发展，承灾体价值不断提高，致使灾害损失增大；另一方面，我国减灾能力和社会经济发展基础也在不断提高，即对自然灾害可接受的能力也在增强。因此，为了评估自然灾害对经济可持续发展的影响，就不能只是泛谈自然灾害经济损失的大小。为了全面反映自然灾害对经济发展的影响，还需要进一步评估自然灾害对经济发展的影响程度和经济发展对自然灾害风险可接受的能力。

自然灾害对经济发展的影响程度，可有以下四种情况：

第一，自然灾害影响了经济正向发展。自然灾害对经济造成了严重破坏，损失量级超过了社会承受能力，使社会经济停滞，甚至倒退；国内生产总值、财政收入、人均 GDP、人均财政收入等指标均未增加，甚至下降，增长指数(以 1952 年＝100 计算)≤100。

第二，自然灾害对经济可持续发展造成影响。自然灾害对经济造成了较严重的影响，虽 GDP 增长指数(1952 年＝100)≥100，即经济发展各项指标均有所增长，但与上年比较则没有可持续发展，增长相对指数(上年＝100 计算)≤100。

第三，自然灾害对经济持续发展造成影响。自然灾害对经济造成了一定损失，虽经济增长相对指数仍>100，但增长幅度小于国家或地区多年平均速度或增长目标(本书定为 7%)。

第四，自然灾害对经济造成一定影响，但没有影响经济的发展态势，使之仍保持≥7%的增长速率。

因此，一般年份的自然灾害对经济发展的影响只能出现第三和第四两种情况，对社会经济虽有影响，但没有影响到经济可持续发展。只有那些较大的灾害发生时，才可能造成较大灾害损失，影响到经济可持续发展，甚至改变了经济的正向发展。显然，这种等级的灾害才是我国减灾的重点。

根据自然灾害对区域经济可持续发展影响程度以及中国自然灾害概况和区域自然灾害危险性及危害性综合分析，自然灾害对经济发展的影响有以下主要特点：

第一，自然灾害灾变等级越大，对经济可持续发展的影响程度越大。

第二，旱灾对经济可持续发展程度影响最大。

第三，洪涝灾害对经济可持续发展具有双重影响。在洪涝灾害等级最高的地区，也常是自然灾害对经济可持续发展影响较大的地区；一般洪涝灾害尽管造成一定损失，但由于增加了水资源，对经济可持续发展又有促进作用。

第四，区域经济及其相应的社会财富是自然灾害侵袭的对象，在经济最发达的地区，如上海、北京、天津、浙江等地，由于经济发达，财产密集，灾害损失大，但由于承灾能力较强，所以自然灾害对经济可持续发展影响程度相对较小；在经济不发达的地区，如西藏、新疆、黑龙江等地，由于经济密度低，灾害造成的损失较小，而且由于经济基数小，在同样的发展条件下，经济增长较快，所以自然灾害对经济可持续发展的影响程度也较小；而在那些经济基础中等又需快速发展的地区，社会承灾能力低，是自然灾害对经济可持续发展影响最大的地区。

# 第三章　亚洲典型巨灾事件系统解析

为了检验本书所提出的若干规律性认识是否正确，我们分别选择了洪水、地震、热带气旋三个典型的巨灾案例，进行了详细调查和系统解析。从系统解析的结果来看，认识基本正确，为根据亚洲巨灾发生的时空规律进行巨灾发展趋势预测和巨灾防范提供了科学支撑。

## 第一节　1998 年中国江淮大洪水解析

### 一、概况

1998 年入汛以来，由于气候异常，全国大部分地区降雨明显偏多，部分地区出现持续性强降雨，雨量成倍增加，致使一些地方遭受洪涝灾害。此次洪涝灾害造成内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、福建、江西、湖北、湖南、广东、广西 10 省（区）农作物受灾面积 1581.3 万公顷，绝收 449.7 万公顷；有 1.2 亿人（次）受灾害影响，因灾死亡 2291 人，紧急转移安置 1664 万人；倒塌房屋 583.3 万间，损坏房屋 1134.4 万间；灾害造成直接经济损失 2104.4 亿元。

长江发生继 1954 年以来又一次全流域性大洪水，先后出现 8 次洪峰，湖北宜昌以下 360 km江段和洞庭湖、鄱阳湖的水位，长时间超过历史最高纪录，沙市段曾出现 45.22 m 的高水位。湖北、湖南、江西、安徽、江苏等省沿江沿湖的众多城市和广大农村，经济社会发展和人民生命财产安全皆受到洪水的严重威胁，灾情严重，举世瞩目。据水利部统计，6—8 月湖北、湖南、江西、安徽四省溃决堤垸总数 1975 座，淹没耕地 358.6 万亩①，受灾人口 231.6 万人，死亡人口 1562 人。其中，万亩以上堤垸 57 个，约占溃垸总数的 3%，耕地面积 184.7 万亩，占总溃淹耕地的 51.5%，人口 94.7 万人，约占溃垸受灾人口的 41%。千亩至万亩堤垸 414 个，约占溃垸总数的 21%，耕地面积 115.2 万亩，占总溃淹耕地的 32%，人口 86.9 万人，约占溃垸受灾人口的 38%。

面对这场洪水，中国人民万众一心、众志成城、顽强拼搏，没有发生大难，没有灾民饥饿和疫病流行，也没有社会不安，取得了抗洪救灾斗争的全面胜利。大灾之后，在“全面规划、统筹兼顾、标本兼治、综合治理，实行兴利除害结合、开源节流并重、防洪抗旱并举”的方针指导下，开展了灾后重建工作，将确保受灾群众的基本生活需要放到了工作的首要和重点位置。各级干部深入基层、深入群众，亲自负责受灾群众的生活恢复，指导退田还湖、移民建镇，组织生产自救，保证广大受灾群众可以开始正常的生产生活。各地还进行了退耕还林、水土保持等环境治理与保护工作；加固堤防、控制江河、河道治理等防洪工作，兼顾防洪系统，抵御灾害。

---

① 1 亩＝666.7 $m^2$。

## 二、致灾因素

导致 1998 年大洪水的因素，既有自然因素，也有社会因素。

### （一）自然因素

#### 1. 厄尔尼诺事件

1998 年大洪水是由气象异常引起的，导致气象异常的重要原因是 20 世纪以来最强盛的厄尔尼诺现象。此次厄尔尼诺现象自 1997 年 4 月开始。在其影响并未完全消失前，紧接着就开始受到拉尼娜现象的影响。

根据气象和海洋专家的意见，1998 年夏季发生的长江全流域性的特大洪水，与造成全球气候异常的厄尔尼诺和拉尼娜两大现象密切相关。1998 年 6—7 月，我国江南、华南降雨频繁，长江流域及两湖盆地均出现了严重的洪涝灾害，华北和东北出现涝情，这些灾情的出现均与前期厄尔尼诺现象有关。此后，厄尔尼诺现象的影响尚未完全消失，而拉尼娜的影响又开始了，从而使我国的气候状态变得异常复杂。一般来说，由于厄尔尼诺的影响，到 7 月份，副热带高压不仅具有相当的强度，而且位置北移，长江流域的汛期应当结束，雨带移向我国北方。但是，拉尼娜现象的出现，使副热带高压变得很弱，其主体位置在移到 30°N。后不久，又突然南退到 18°N，这种现象历史上还是第一次出现，加上南方输送的水汽充足，于是在长江流域、两湖盆地及其以南地区又一次出现暴雨，形成严重的洪涝灾害。

实际上，能够导致我国大范围气候异常、发生洪涝灾害的还远不只厄尔尼诺和拉尼娜现象，至少还应有西太平洋的大面积海温异常、黑潮和亲潮流系的变化以及海冰等。越来越多的事实和研究表明，海洋通过影响大气而影响陆地，海洋与大气间的相互作用几乎对各种时间尺度的气候变化均起着重要作用。

#### 2. 1997 年冬至 1998 年春青藏高原降雪频繁，积雪深厚

1997 年 11 月至 1998 年 3 月，西藏、青海、新疆等地降雪过程频繁、强度大，藏北和青海南部牧区部分地区降雪量达到近 50 年以来的最大值。例如，西藏黑河和青海玛多的降雪量分别达到 30 mm 和 40 mm，比常年同期多 2～3 倍；青海玉树为 30 mm，比常年同期多 6 倍。由于深厚积雪在夏季融化过程中要吸收近地面层（海拔 3000～5000 m）大气的热量，该地区大气温度降低、湿度增大，致使沿青藏高原北部东移冷空气的频次增多、强度增大，有利于青藏高原东部冷性涡旋的生成和发展，故长江流域易多雨。

#### 3. 亚洲地区夏季大气环境流场的特定配置，有利于形成我国严重洪涝灾害

由于上述两个因素的直接或间接影响，西太平洋副热带高压明显偏强，位置偏南。6—7 月亚洲中纬度地区大气流场出现“两脊一槽”的双阻型流场，这与 1954 年相似；8 月份为“两槽一脊”的单阻型流场，致使我国长江流域及嫩江、松花江流域发生特大暴雨洪涝灾害。

（1）西太平洋副热带高压是全球大气环流的重要成员之一。它的边缘，尤其是影响我国的西太平洋副热带高压脊的西北侧，正好是西南暖湿气流与北方南下冷空气相遇的地方，也是往往发生大范围降水和暴雨洪涝灾害的区域。因此，西太平洋副热带高压的强弱及其位置变化直接影响我国夏季主要多雨带及洪涝灾害的分布。1998 年西太平洋副热带高压是当时近 50

年来最强年份之一。由 1998 年 6—8 月份的 500 hPa 位势高度图可看出，初夏时西太平洋副热带高压属正常偏南，故 5 月末至 6 月，我国主要多雨带和洪涝灾害发生在华南地区；6 月下旬末，随着副热带高压的加强西伸北进，主要多雨带移至长江上游及淮河和华北、东北地区；7 月中旬，副热带高压迅速南退，并在长江以南徘徊，致使长江流域和江南地区多强降水天气，形成长江流域特大洪涝灾害。

(2)6—7 月，亚洲中纬度地区的大气环境流场为"两脊一槽"型，又称双阻型。一个高压脊位于乌拉尔山附近，另一个位于鄂霍次克海一带，中间为一宽广的低压槽，位于巴尔喀什湖附近。这样，极地冷空气在脊前槽后的西北气流引导下不断经新疆、河西走廊南下，与沿副热带高压西侧北上的西南暖湿空气在长江流域及其以南地区相互交绥，形成大范围持续性强降水天气。

(3)8 月，亚洲中纬度地区大气环境流场为"两槽一脊"型，又称单阻型。在乌拉尔山至咸海一带及其以西为一宽广深厚低压槽，贝加尔湖至我国华北一带为一高压脊，东西伯利亚为一低压槽。在这种大气环境流场的配置下，我国中、东部地区受高压脊控制，大部地区出现了干旱少雨天气，江南和华南大部地区出现了持续高温天气，35℃以上的高温日数达 15～25 天。从乌拉尔山至咸海一带的低压槽中不断有低值波动东移，经过我国新疆、河西走廊而影响长江上游、汉水流域地区，致使长江上游先后发生 5 次洪峰。

(4)1998 年赤道辐合带进入北半球的时间推迟，西北太平洋区域热带风暴和台风发生时间迟、次数少。由于 1998 年 6—8 月赤道辐合带位置偏南，越赤道气流异常偏弱，致使西北太平洋海区的第一号热带风暴推迟到 7 月 9 日才发生。往年编号热带风暴和台风 6—8 月平均达到 8～10 个，而当年仅有 4 个，是近数十年来发生最少的年份，而登陆我国的台风仅有 2 个，比常年同期明显偏少，这也是导致 1998 年夏季西太平洋副热带高压偏南，而且稳定少变的因素之一。

另外，除了厄尔尼诺、青藏高原积雪多和大气环流异常外，人类对大自然的不合理开发利用等也是造成长江流域、嫩江和松花江流域发生特大洪涝灾害的重要因素。

4. 主汛期长江流域暴雨天气频繁，强度大，范围广，持续时间长

6—8 月，长江流域强降水天气过程频繁，其中以 6 月中下旬、7 月下旬及 8 月上旬初和中旬末的暴雨天气过程强度大，持续时间长，影响范围广，危害重。

(1)6 月中下旬江南中北部出现持续性暴雨，导致江河湖水暴涨。6 月 12 日之前，我国主要雨带位于华南地区。6 月 12—27 日主要雨带北移，并且在长江两岸、江南中北部至广西一带徘徊，致使南方 10 余个省、自治区的部分地区连降大到暴雨，局部出现大暴雨或特大暴雨，湖南中北部、江西中北部、浙江西部、福建北部的暴雨日数达 8～16 天。江南中北部、福建北部及广西北部等地区 6 月中下旬的降水总量超过 520 mm，其中江西贵溪(946 mm)、上饶(914 mm)、湖南长沙(553 mm)、广西桂林(705 mm)、福建浦城(783 mm)等地的降水量均为当时近 50 年来同期的最大值。在此暴雨过程中，江西省累计出现暴雨 190 站次，其中大暴雨 85 站次，特大暴雨 9 站次；有 38 站的过程降水量在 500 mm 以上，信江流域贵溪至上饶一带超过 900 mm，弋阳、横峰的过程降水量分别为 1015 mm 和 1026 mm。这场暴雨过程持续时间之长、强度之大、范围之广、地域之集中均为当时近 50 年来所罕见，致使鄱阳湖、洞庭湖及其水系的水位暴涨，部分干流的水位超过历史最高记录，发生严重洪涝灾害。6 月 28 日至 7 月 3 日，

四川、重庆、三峡区间及湖北清江流域相继出现强降雨过程，形成长江第一次洪峰。

(2)7月下旬长江中下游、江南中北部再次出现暴雨和大暴雨，长江中游水位超过历史极值，灾情加剧。7月20—30日，湖北、湖南、江西、安徽、江苏、浙江、上海等省、市先后降了暴雨，或大暴雨、局地特大暴雨。下旬降水量一般有150～300 mm，湖南西北部、江西北部、湖北南部等地的部分地区达300～550 mm，一般比常年同期偏多1～5倍。其中，武汉、桑植、修水、南昌、九江等地的旬降水量为当时近50年来同期最大值。武汉7月21—23日连续3天降了暴雨，降水总量达458 mm，为百年来所罕见。这次暴雨天气过程持续时间虽然没有前次长，但强度大，导致洞庭湖水系的澧水、沅江和鄱阳湖水系的昌江、乐安河等江河相继发生大洪水，加之与长江上游下泄的第三次洪峰相叠加，致使长江发生了继1954年之后的又一次全流域性大洪水。

总之，1998年主汛期(6—8月)内，我国大部分地区降水量较常年同期明显增多。其中，长江流域大部及华南的部分地区总降水量一般达500～800 mm；江西北部、湖南西北部、湖北西南部、四川西南部以及广西东北部、福建西北部等地达900～1000 mm；局部地区超过1200 mm，例如江西省的修水达1218 mm，上饶为1283 mm，景德镇为1368 mm，贵溪为1450 mm；此外，我国东北地区西部、内蒙古东部为350～550 mm，局部地区达600～700 mm(图略)。由1998年6—8月降水量距平百分率图(图略)可看出，上述地区的降水量一般比常年同期偏多3成至1倍，其中江西省北部、重庆市以及黑龙江西部、吉林西部、内蒙古东部等地的部分地区偏多1～1.5倍。由于降水量大，而且集中，致使长江发生了1954年以来的又一次全流域的大洪水；嫩江、松花江发生了超历史记录的特大洪水；珠江流域的西江和福建省内的闽江也一度发生大洪水，使人民生命财产遭受重大损失。

#### 5. 长江上游8月份降雨频繁，形成5次洪峰

8月份，随着西太平洋副热带高压增强北进，我国主要雨带相应北移，使长江上游、汉水流域及湖北清江流域、湖南西北部一带降雨频繁，先后出现5次较大范围的暴雨过程，其中上旬初和中旬末的两次暴雨过程强度大，影响较重。8月上旬，重庆涪陵(180 mm)、四川会理(193 mm)和巴塘(102 mm)等地的降水量为当时近50年来同期的最大值，重庆(193 mm)、四川昭觉(100 mm)、湖北钟祥(232 mm)和恩施(226 mm)为当时近50年来同期的次大值。8月中旬，重庆酉阳(168 mm)、湖南桑植(195 mm)的降水量也为当时近50年来同期最大值，而重庆万县(197 mm)、四川南充(130 mm)和西昌(158 mm)为当时近50年来同期次大值。由于8月份降雨频繁，而且强度较大，长江上游洪水迭起，并于8月7日、12日、16日、25日和31日，相继出现第四次、第五次、第六次、第七次和第八次洪峰，致使长江中下游干流长时间维持高水位。

### (二)人为因素

通常所说的人为致灾因素包括三重含义。一是由于人的非科学行为和盲目发展建设，破坏了自然环境和行洪条件，导致洪涝灾害发生。二是由于科学水平不高、责任心不强、管理不善或决策错误，致使防洪规划欠佳、防洪预案失误、防洪工程失效、防洪措施和行动不力而造成洪涝灾害损失。三是人的违法行为和有意破坏引起洪涝灾害损失。

1998年长江洪灾的特点是中流量、高水位、大灾害，说明其形成原因固然与自然因素有

关，但人为致灾因素是不可忽视的。从各方面反映的资料情况来看，下面三点是十分严重的。

1. 森林锐减，生态环境破坏，水土流失严重

(1)1998 年长江中流量、高水位、大灾害形成的主要原因之一是河床淤积与抬升。该年七次洪峰中，仅宜昌洪峰流量在第六次时达到 63600 $m^3/s$，其余皆未超过 60000 $m^3/s$。值得思考的是，该段在历史上超过 60000 $m^3/s$ 的洪峰就有 25 次之多，最大达 105000 $m^3/s$，为什么均未出现如此高的水位和严峻的局面呢？形成中流量、高水位严峻局面的一个主要原因是水流夹带的泥沙的淤积使河床不断升高。据考证，荆江水位明末清初以来抬升了约 5 m，使现在荆江水位高于其南北地面 6～14 m，形成"悬河"的险恶形势。

由于泥沙的淤积，使湖泊、水库的调蓄水量大幅度降低。洞庭湖等湖泊、水库的萎缩，必然加重长江的负担，终至形成 1998 年的严峻形势。

(2)长江输沙量增多的原因是上游森林破坏和严重的水土流失。长江流域的森林主要分布在中上游，在唐代以前森林覆盖率达 60%～85%以上。其后，森林植被逐渐遭到人为破坏，现有原始森林覆盖率不到 20%，与唐代相比涵养水源约减少了 3000 亿立方米。森林的破坏，等于毁掉了 15 个三峡水库。

长江中上游流域多是坡地，为了维持日益增加的人口生活的需要，不得不再度进行坡地开垦。由于长江流域森林破坏严重，水土流失扩展，全流域水土流失面积已由 20 世纪 50 年代的 36 万平方千米，增至 80 年代的 56 万平方千米，年土壤侵蚀总量已达 22.4 亿吨，超过了黄河流域的土壤侵蚀总量。

由于森林破坏，水土流失，使长江流域旱、涝、滑坡、泥石流等自然灾害大幅度增加影响了排洪。

2. 城市化的发展

由于城市建设必然填沟、填坑、平整土地，无疑减少了蓄洪与行洪空间。武汉三镇素有"百湖之城"的声誉，至今仅存湖泊 27 个，20 世纪 90 年代有 8 个被填占。城市建设必然修马路、建广场、修房盖屋，影响了洪水下渗，增强了地表径流。据研究，柏油路能使径流指数从 30%增至 60%以上。城市化的结果破坏了水土资源平衡，渗入地下的雨水量减少，易造成地下水位下降和地面沉降，进一步加重了洪涝；地表水量增加使城市河道或排水沟流量增大，长江峰值提前并增大。另外，城市植被减少，其结果也使洪流增强。城市向江河大量倾倒垃圾已成为洪灾加重的一个因素。

3. 防洪标准低，管理不善

尽管近数十年的防洪工程建设取得了很大成绩，江河的防洪能力有了较大提高，但防洪工程现状与防洪要求还相差较远，需今后进一步努力。目前，存在的主要问题有以下六个方面。

· 长江中下游防洪标准低，与保护对象的需求不相适应。长江中下游平原地区是我国政治、经济、文化中心区之一，在我国社会经济发展中占有重要地位。而该地区的防洪工程设防标准很低，干流只能防御 10～20 年一遇的洪水，尤其是荆江地区，与现有的社会经济地位极不相称，且许多地段已达不到设计的标准能力。

· 长江中下游河道崩岸严重，与河势稳定和堤防安全的需求不相适应。长江中下游河道共有崩岸 1518 km，其中已进行守护 1150 km，尚有 368 km 待守护，目前急需新守护 79 km，

加固守护 82 km，需块石 850 万立方米。有的崩岸发展很快，对堤防形成严重威胁。

· 蓄滞洪区安全建设进度迟缓，分洪难度大，与分洪保安的需求不相适应。

· 堤防工程隐患多，涵闸老化，必须靠临时抢护才能安全度汛。

· 城市防洪标准低，长江流域占有 13 个。目前除武汉、沙市的防洪建设有较大进展外，其他城市防洪工程建设速度均较慢，岳阳、长沙、黄石、成都、合肥的城市防洪工程与其政治、经济地位极不相称。其他中小城市很多尚处于不设防的状态，大水大淹、小水小淹，也都亟待治理。

· 重点防洪工程的建设亟待加快。

1998 年长江大洪水，虽然各种防洪工程都发挥了巨大的作用，但防洪工程管理不善，许多达不到设计要求。

除以上几点外，防洪工程规划不当、设计不合理、维护不善、洪水信息系统不健全等均属于导致洪水灾害的人为因素。

## 三、成灾环境

我国洪涝灾害的形成原因是多方面的，其中许多因素与区域地壳运动以及地质环境演化和地质灾害活动密切相关

### (一)长江上游地势陡峻，中下游地势平缓，且河道曲折，河水出山后宣泄不畅

长江上游为新华夏隆起带，中下游为沉降带。受区域构造及其升降活动控制，上游地势陡峻，水流一泻千里，而到中游或下游，地势陡降，河道不但急剧变缓，而且曲折迂回，河水流速骤减，大量泥沙沉积，行洪不畅，水流摆动不稳，极易泛滥成灾。

第四纪时由大量冲积、湖积物组成洞庭湖平原和江汉—洪湖平原及沿长江平原。海拔高度仅 10～15 m，均低于周围地势。平原区内河道弯曲，截弯取直后的牛轭湖广布。目前，长江干流在此还有 3 个巨大的河湾，荆江河段弯曲尤为突出，素有“九曲回肠”之称。位于长江南岸的洞庭湖是长江中下游的过水湖，它不仅汇集湘、资、沅、澧 4 条河流的全部流量，汛期时还分蓄长江洪水，有重要的调洪作用。近百年来，由于调洪带来大量泥沙和不合理的围垦，湖面从 1825 年的 6000 $km^2$ 缩至 1979 年的 1135 $km^2$，目前不足 1000 $km^2$。昔日号称“八百里洞庭”的大湖已被分割成许多大小湖泊。比较 1925 年和 1953 年两次水准测量，监利、岳阳、华容、湘阴依次分别下降 0.28，0.24，0.32 和 0.25 m，年平均下降幅度为 8～11 mm。江汉—洪湖平原位于长江干流以北，古时称“云梦泽”，其地势低于洞庭湖平原与长江河床。长江南北两湖地区新构造沉降幅度为 100～300 m。

鄱阳湖是个断陷湖盆，新构造运动差异升降形成千余米高的庐山和鄱阳湖盆地，第四纪时接受沉积。其最大特点是“高水是湖，低水似河”，最高和最低水位相差 15.79 m。近 50 年来因洞庭湖淤塞缩小，该湖区新构造最大沉降幅度逾百米。

下游长江三角洲地区构造沉降和超强度开采地下水引起的地面沉降活动更加强烈，以上海和苏锡常等城市为中心的地面沉降使地面高程降低数十厘米至 2 m 以上。这些局部性沉降活动，进一步加剧了积洪滞涝。

### (二)流域水土流失和崩塌、滑坡、泥石流活动强烈,河湖淤积严重,许多河段成为地上悬河

水土流失、崩塌、滑坡、泥石流与洪水灾害具有同步消长的互馈关系。暴雨洪水是激发水土流失和崩塌、滑坡、泥石流的重要因素,因此这些地质灾害时空分布明显受降雨条件控制。在区域上,多发生在地形起伏比较大、新构造运动强烈、降水丰沛且暴雨频发的地区;在时间上,以降水集中的夏季最强烈。区域性暴雨洪水还往往引发大面积群发性崩滑流灾害。1998年因长江、松花江流域和广西、广东、新疆等地区大范围暴雨洪水．崩塌、滑坡、泥石流灾害特别严重。截至8月23日的初步统计,全国共发生地质灾害18万处,造成1150人死亡,其中长江中上游地区占2/3左右。水土流失和崩滑流灾害又进一步加剧了洪涝灾害的活动强度。一方面,这些地质灾害严重破坏森林植被和土地资源,使生态环境恶化,导致生物、土地调蓄涵养水分功能严重下降,从而增强了洪水的暴发强度和频次;另一方面,水土流失和崩滑流活动造成河湖水库淤积,使湖泊、水库调蓄洪水能力下降,河床湖底抬高,中下游洪水水位高出两岸地面数米至10余米,成为地上悬河,从而加剧了洪水灾害,加大了防洪难度。

### (三)1997年冬至1998年春降雨多,江湖水库底水位高

1997年秋末至1998年初春,我国南方大部地区持续多雨。江南不少地区在隆冬和初春时节出现了罕见的暴雨过程。1月13—14日,湖南中部、江西中部、浙江西部等地出现了较大范围的暴雨,其中许多地区的24小时最大降水量突破了当时近50年来1月份日降水量的最大值,例如江西贵溪达82 mm,吉安76 mm、南城75 mm、宁冈67 mm、广昌62 mm,浙江省衢州54 mm、龙泉64 mm、遂昌57 mm。3月6—11日,江南、华南北部等地普降中到大雨,江西、湖南等省的部分地区还降了暴雨。

江南和华南地区1997年11月中旬至1998年3月上旬的总降水量,一般为300～600 mm,江西中北部、浙江西部、福建西部、湖南东北部等地达700～900 mm。其中,江西省的贵溪和上饶分别为1117 mm和1147 mm,较常年同期偏多1～1.5倍,江西中部和东部偏多2倍左右。许多地方的降水量为当时近40余年来同期最大值。江西、湖南等省春汛期较往年提前约1个月。

由于降水持续时间长、强度大,致使一些江河发生大洪水。2月福建闽江发生了历史同期罕见的大洪水;3月上中旬湘江、赣江等干流相继发生了洪水;3月16日汉口长江水位达21.33 m,为有记录以来同期最高值。虽然4—5月江南大部地区降水强度有所减弱,但是其总降水量仍接近常年。因此入夏前,长江中下游两岸及江南大部地区江湖、水库底水位较高,地层含水量较多,这为主汛期发生洪涝提供了有利条件。

### (四)围湖造田与河床争地,破坏流域自然地理环境

长江像所有的河流一样,它的形成与发展演化是受气象、地质构造、地形等多种条件共同制约的。倘若自然环境条件发生变异,则容易冲出原有河道,发生洪水。

为什么洪灾的发生越来越频繁呢?除自然因素外,人为原因对自然地理环境的破坏是一个重要的因素。

(1)围湖造田与河床争地。据不完全统计,长江下游被围垦的面积总计达13000 km$^2$,因

围垦而消亡的湖泊达1000余个。1998年中流量、高水位的形成固然与泥沙淤积抬高河床、湖底有关，也与围湖造田、与河床争地减少了湖泊调蓄能力和缩小了行洪断面有关。由于泥沙的沉淤，使湖泊面积与容积大幅度减少，长江中下游共有湖泊面积1949年为2.6万平方千米，现不及其1/2。因泥沙的淤积，长江流域水库800亿立方米的总库容中淤积库容已达100余亿立方米。另外，江底非法采砂，改变了水流方向，影响了大堤安全。江苏曾因此造成过巨大损失。

(2)分蓄洪区盲目发展，行洪区人为设障。经过了近十年的建设，荆江分洪区得以更大的发展，人口已达60万，遭遇大洪水时，很难下决心分洪。这样，无疑加重了长江干流的压力，使中下游许多城市地区有可能遭受更大的损失。

## 四、灾害损失和社会影响

### (一)国内生产总值减少

全国九届人大一次会议上，提出了1998年我国国内生产总值(GDP)比1997年增长8%的目标。1998年上半年统计，我国国内生产总值增长了7%，离目标还有一定的差距。造成差距的主要原因是我国发生了特大洪涝灾害。

灾区的国内生产总值下降更大。如1998年洪涝灾害导致湖南省益阳地区直接经济损失达81.5亿元，工业、农业增速分别下降了4%和3%，对全年国民生产总值的综合影响为5%。

一般，第一产业(农业)第一年受灾害影响是严重的，是所有行业中最严重的。第二产业连续两年受灾害影响，第二年比第一年重。建筑业第一年受些灾害影响，如灾害破坏建筑工地、使建筑材料受损及运输过程中因道路中断而影响工期等，但第二年灾害反而促进了建筑业生产总值的提高，原因是因自然灾害倒塌几百万间房屋，恢复重建给建筑业带来了机遇。第三产业连续两年受灾害影响，而且第二年要比第一年重。

### (二)粮食减产

1998年我国夏粮生产遭受北旱南渍、春季冻害和后期高温过热等严重灾害，全国夏粮总产11310万吨，比特大丰收的1997年减产1460万吨。早稻由于结构调整和主产区受洪涝灾害，比1997年减产。

### (三)工业滞退

1998年7月，全国工业生产增速略低于上月，工业完成增加值1553亿元，比6月份回落0.3个百分点，主要是南方部分地区发生严重洪水。市场销售增幅有所提高，社会消费品零售总额2286亿元，比6月份加快1.3个百分点。灾区的湖南省国有及年销售收入过500万元以上非国有工业企业完成工业总产值78.09亿元，比6月份增幅回落7.68个百分点。

### (四)重建家园

1998年洪灾过后，重建家园的任务十分繁重。湖北省全省平垸行洪、退田还湖需移民118.5万人；29万倒房户中，有23万户需原地重建；冬季来临时，但灾民的缺粮、御寒等问题依然十分突出。

针对实际情况，湖北省提出了“突出重点，分段安排，合理运用救灾物资”的救灾工作原则。他们对灾区群众生活安排分为三个阶段。第一段重点解决恢复住房的困难，以及安排少数“冲光户”、“绝收户”的口粮和寒衣。第二段春节前后至 1999 年 3 月底，重点解决重灾贫困户和高寒山区口粮救济。第三段春荒救济，安排到接新粮。

重建家园消耗了大量资金，同时也拉动了一些行业的发展。

### （五）固定资产减灾投入增多

1998 年国家发展计划委员会根据抗洪形势的需要，多次追加水利建设投资。在 1998 年增发的 1000 亿元国债中，很大一部分用于水利建设，加上年初计划的投入，全年水利建设投资达到 358 亿元，是往年度投资的 5 倍多。

### （六）物价上涨

洪涝灾害期间物价问题涉及民生。有些商人趁物资缺乏之机乱涨价，涨价最明显的是蔬菜。武汉市郊区 1.6 万公顷蔬菜地，被淹了 1.4 万公顷，武汉市区蔬菜供应发生暂时困难，蔬菜价格发生一定的波动。有关部门积极从外地调运大批蔬菜，才解决了居民吃菜的问题。

为此，各地区纷纷制定稳定物价的办法。山东省出台《关于做好抗洪救灾期间稳定工作的紧急通知》。通知规定，抗洪救灾期间，全省各级物价部门要加强市场价格管理，对药品、粮、棉、水、盐等政府定价商品一律不得提高价格；对于灾区恢复生产、重建家园所需重要物资，企业不得借机涨价。

通知同时规定，对在抗洪救灾期间囤积居奇、哄抬物价、牟取暴利的，违反规定擅自抬高商品和客货运输价格乱涨价、乱收费的，以及不执行临时价格干预措施的，省各级物价部门将从严查处，决不姑息。

### （七）教育受影响

1998 年是我国高等院校实行并规制的第一年。普通高校新生注册费每年达数千元，来自灾区的许多新生难以缴纳这部分费用，如长沙电力学院有 300 余名灾区学生、特困生，其中 100 余名学生因 1998 年特大洪灾造成经济困难难以维持学业，学校拿出 10 余万元作为受灾生、特困生的补助资金，保证不让一个学生失学。

灾区的中小学损失更严重。仅安徽省由于洪灾造成受灾学校 3365 所，倒塌校舍 341656 $m^2$，新增危房 503866 $m^2$，损坏课桌凳 110600 套，冲毁校园道路、操场 268631 $m^2$，大量教学仪器设备及图书毁坏。全省教育系统直接经济损失近 3.6 亿元。

### （八）民工潮压力增大

来自洪涝灾区的成群民工相继涌入北京、上海、天津等大城市，他们背着简单的行李到城里投亲靠友，寻找就业机会。长江中下游和松花江、嫩江流域发生的特大洪涝灾害，致使部分省、自治区 2.2 亿人受灾，灾区民众为了谋生和筹集重建家园的费用，开始自发外出打工。一些受灾地区的地方政府为了缓解水灾对生产和生活造成的严峻压力，也鼓励群众外出打工自救。湖北、湖南、江西等重灾区的部分乡镇政府甚至为每个出外打工的人提供 40 元的路费。受灾严重的黑龙江省杜尔伯特县有 4 万余人南下打工。

1982 年我国共有流动人口 3000 万人，至 1997 年底，流动人口总量已达 1.1 亿人。1998 年的洪灾造成了流动人口增加的压力。

## 五、减灾措施和成效

全国军民同历史上罕见的特大洪水展开了一场波澜壮阔的斗争，表现出了气壮山河的英雄气概，取得了全面的胜利。

在灾情最为紧张的时刻，中央政治局召开专门会议，研究部署抗洪救灾工作。党和国家领导人数次亲临灾区，察看灾情，慰问灾民，现场指挥抗洪救灾工作。

国务院各有关部门密切配合，通力合作，加大抗灾救灾投人，全力以赴支持灾区抗灾救灾。国家计委、国家经贸委、民政部、财政部、水利部、农业部、交通部、卫生部、教育部、中国人民银行等部门积极安排支援灾区的各项救灾资金、救灾物资及贷款，气象部门全力以赴做好灾区天气预测、预报，地震部门认真做好灾区地震监测工作，交通、铁路、民航等部门优先安排抢运救灾物资，海关、商检、卫检等部门优先安排救灾物资的检验、进关，国土资源部、信息产业部等部门积极制定各项优惠政策，政法系统有关部门抽调力量确保灾区社会稳定，监察、审计部门加强对救灾款物管理使用的监督、监察，宣传部门积极组织对抗洪救灾的宣传、报道。

面对历史罕见的特大洪涝灾害，民政部按照中央、国务院的统一部署，全力以赴做好救灾工作：

(1)民政部会同财政部向灾区下拨特大自然灾害救济补助费 12.282 亿元，调拨救灾帐篷 14 万顶；向灾区派出了 60 多个工作组 130 多人(次)。

(2)国务院专门召开会议研究部署救灾捐赠工作，并对救灾捐赠工作做出了一系列重要指示。民政部组织发动了全国性救灾捐赠活动。在抗洪救灾期间，民政部、中华慈善总会、中国红十字会总会、各地民政部门共接收捐款 35.15 亿元，捐物折款 37.44 亿元，款物共计 72.59 亿元。此外，北京、天津等 13 个省(区、市)组织募集、发运各类衣物近亿件。对于接收到位的救灾捐赠款物，民政部严格按照国务院"专款专物专用，集中使用，统一制定分配方案，分头组织实施"的原则，统筹兼顾，分配下拨到灾区。救灾捐赠款物除用于紧急转移安置灾民和灾区防病治病外，重点用于灾民生活安排和帮助灾民重建或新建家园，为帮助灾区人民度过难关，重建家园，振奋精神，战胜灾害发挥了巨大的作用。

(3)为解决灾区尤其是北方灾区群众御寒衣被短缺问题，民政部及时制定了对重灾省区的对口支援方案，紧急发动了 17 个省(区、市)开展专项募集衣被活动。在不到一个月的时间内，通过各方的共同努力，共募集单衣 5698 万件、棉衣 3575 万件、棉被 608 万床，并在 10 月 1 日之前将募集的棉衣被全部运到了灾区。

(4)保障了灾区群众冬令和春夏荒期间的口粮。大灾之后，1998 年冬令和 1999 年春夏荒期间灾民口粮的救济压力很大。为确保灾民口粮，民政部、财政部及时向灾区下拨救灾款 15.868 亿元(冬令 7.868 亿元，春夏荒 8 亿元)，下拨救灾捐赠款 8.3486 亿元(冬令 7.0603 亿元，春夏荒 1.2883 亿元)，用于灾民的口粮救济。

中国人民解放军指战员、武警官兵、公安干警和民兵预备役部队在各地的抗灾救灾斗争中发挥了中流砥柱的作用。他们克服一切艰难困苦，不怕疲劳，连续作战，确保了大江大河大湖干堤的安全，确保了重要城市和主要交通干线的安全，确保了人民生命财产的安全，将灾害造成的损失减少到最低程度。

灾区的各级党委和政府认真贯彻执行党中央、国务院的方针和决策，一手抓抗洪抢险，一手抓灾民生活安置。通过借住公房、投亲靠友、对口安置、搭建临时安置和调运救灾帐篷等办法安置了紧急转移出来的灾民；通过紧急调运粮食、方便食品、熟食等方式解决吃的问题；通过发动社会捐赠解决灾民的御寒衣被问题；通过向灾区调运饮用水、净水设备、净水药品、组织灾民打临时水井等方式解决灾民的生活用水；通过向灾区派出医疗小组，分发防疫治病药品，组织灾民清理好环境卫生，解决灾民的防病治病问题。

灾情稳定后，灾区各级党委、政府认真部署灾民倒房恢复重建工作，及时制定灾区恢复重建计划，指导各地开展恢复重建工作。各地按照防灾、减灾和节约用地的原则，制定统一的重建规划，落实好灾民建房的各项优惠政策，集中有限的救灾款和救灾捐赠款恢复重建灾民倒房。通过各方艰苦努力，灾后难度最大的恢复重建工作取得喜人的成绩。到 1998 年年底，南北方灾区的灾民入冬前都住进了保暖的房间。

## 六、主要启示

1998 年惊心动魄的抗洪斗争写下了一部万众一心、众志成城的历史史诗，功不可没，可歌可泣，创造了长江抗洪史上的奇迹。

然而，当时那严峻的局面现在仍历历在目：洪峰一个又一个接踵而来，水位已超过历史最高水位，居高不下；大堤经过两个多月的浸泡已十分松软，险象环生；管涌、崩岸、垮堤，一天有几千处险情发生；大水高过了大堤，又将浸过子堤；水面已高出两侧平原 10 余米，倘若荆江大堤北岸溃决，决口宽度以 1500 m 计，决口后进入荆北江汉平原的洪峰流量可达 8 万米$^3$/秒左右，10 小时内进入荆北平原的水体可达 26.7 亿立方米，24 小时可达 52 亿立方米，10 小时内冲击波及范围估计为 1700 km$^2$，将遭受难以估计的毁灭性灾害损失。

时至今日，长江的洪涝危机已安然度过，可以静下心来想一想，1998 年为什么会出现这么严峻的局面？那种惊心动魄的局面是否可以避免？最有效的防洪措施是什么？……

### 1. 新中国减灾取得巨大成就，但减灾认识不足

主要表现在两个方面：缺乏综合减灾、系统减灾思想；重视抗灾救灾，预防不足。

无论是洪涝灾害还是其他灾害的减灾，都是由多种减灾措施组成的复杂系统工程，但在以往减灾实践中，往往重视直接性防治措施，忽视间接的、基础性的防治工作。例如，在防治洪水灾害方面，重视堤防建设，忽视水土保持以及分洪区、蓄洪区管理；强调灾害对生命财产的直接破坏作用，忽视其对资源、环境的破坏以及对区域可持续发展的影响作用。这种减灾工作中急功近利的倾向，使我们抗灾工作在取得一次次胜利的同时，也使减灾工作一次比一次更加艰巨困难，甚至在取得局部性效果的同时，区域性环境持续恶化，灾害不断发展。

### 2. 应该根据洪水灾害的特征，探索长治久安的根本性对策

山岗剥蚀，河湖沉淀；沧海桑田，洪水泛滥。这些都是地球运动过程中发生的自然动力活动，对此人类是无法遏制和逆转的。在生产力低下的历史时期，人类只能消极躲避洪水，任江河频繁改道，实现新的、相对的自然平衡。在生产力高度发达的今天，人类可以加剧或削弱剥蚀沉积活动，也可以对江河洪水加以限制、规范，但这种能力始终是有限的，即使人类再进一步发展，也不可能消灭洪水。

因此，单纯依靠堤防拦洪乃是消极防灾，即使辅以水土保持，也只能减缓河湖淤积。水涨

堤高，绝非长远之计。面对日益严重的防洪形势，探索实现长治久安的根本出路已成为一项不可回避的课题。

远古时期大禹父子治水给我们留下一个特别重要的道理：水宜疏而不可堵。和古代相比，现今疏水途径除了清淤除障，水畅其流外，还包括蓄洪分洪，这两方面措施相结合，使大量洪水通过分散疏导，避免局部集中，化大害为小害。除此而外，由于我国江河含沙量高，黄河、长江尤为严重，所以从长远考虑，需要研究规划这些地上悬河在进入中下游平原以后沉淀泥沙或者结合人工运河规划改道的设想，否则难以根除洪水这一心腹之患。

3. 发挥人的积极作用，减少减灾系统工程中人为的致灾因素

洪水的发生既有自然因素也有社会因素。尽管随着科学的进步，现在人类可以增雨或减雨，可以改变小气候，但那只是小规模的，对气象的影响是有限的。企图改变或控制自然规律，控制降水，现在人类还很难做到。但如前述，大洪灾的发生中人为致灾因素占很大比重。由于人为致灾因素是由人类活动造成的，因此可以通过减少人类致灾行为而达到减轻洪涝灾害的目的，这是完全可行的，也是目前最有效、最经济的治水方略。

减轻洪水灾害是一项系统工程，包括：(1)建立各个流域的上拦下排、两岸分滞、标准较高的防洪体系；(2)强化防洪非工程性措施，制订科学的防洪规划和洪水综合调度计划；(3)完善洪水监测系统、信息系统、预报系统和预警系统；(4)制定防洪法律法规，进行防洪的教育和培训，提高全民的洪患意识和防洪能力，建立完善的防洪管理系统等。

以上这些工作均需人去设计、去执行。不管由于主观原因还是客观原因、规划不当、设计不周、调度错误、工程失事、决策失误等都可能增大洪涝灾害损失，都应归为人为致灾之列。但是提高科学技术水平，增强责任心，加强洪水管理以减轻洪灾，经过努力是人类可以做到的。因此，依靠科学技术、依靠政治和政策法规是经济有效的防洪策略。1998 年长江大洪水在形势十分严峻的情况下，中央英明决策，800 万军民严防死守，极大地减少了灾害损失，就是一个有力的说明。

4. 增强水患意识，将防洪看作社会发展的一项事业

根据降水量的变化趋势，从 20 世纪末开始已从干旱期向湿润期过渡，预计未来的数十年降水量将进一步增多。长江流域的水土流失面积已由 20 世纪 50 年代的 36 万平方千米，增至 80 年代的 56 万平方千米，20 世纪末已达 66 万平方千米，如任其发展，当时预计 21 世纪初将增加到 80 万平方千米；年土壤侵蚀量，将超过 30 亿吨，上游输沙量将超过 8 亿吨；湖区长江干流将抬升数十厘米，洞庭湖由于淤积和边缘围垦，至少将再减少 1/3～1/2 的调蓄能力。届时，如果再度发生 1998 年型的洪水，再不提前采取防御措施，至少长江中游会出现全线溃决，其后果难以想象。其他江河流域，如松花江、辽河、海河、滦河、淮河、黄河等形势也不容乐观。因此，必须认识未来严峻的洪涝形势，增强全社会尤其是领导的水患意识，将防洪看作社会发展的一项事业，将防洪作为每一位公民的一项社会责任。

5. 强化防洪非工程性措施

非工程性防洪措施主要有对洪泛区和分蓄洪区的经济发展目标进行规划调整，加强其中的土地管理；制订在出现超标准洪水时的紧急措施方案，建立由政府主持的防洪保险和防洪基金制度；提高洪水预报、警报水平和完善居民避难系统，以及制定法律等。实践证明，实施非工

程性措施，在减轻洪涝灾害损失方面是有效的且花费的代价最少。

美国的防洪策略在1966年以前主要是采取工程性措施防止洪水泛滥，1966年以后转为工程性措施与非工程性措施相结合。

我国防洪标准与美、日等先进国家相比，显著偏低。美、日等国大江大河的防洪标准已达200年一遇，甚至500年一遇以上的水平，而我国一般只有10～20年一遇，个别地段达50年一遇的水平，且我国国力有限，新中国成立以来至1988年年均水利投资19亿元，将来也不可能满足按洪水风险标准修建水利工程的需要。因此，非工程性防洪措施应在我国防洪策略中占重要的位置，其中首要的工作是要制订系统的防洪总体规划。

制订系统的防洪总体规划，是提高防洪效益、减少人为致灾因素的关键措施。

1998年8月26日，当时的国务院副总理温家宝在《关于当前全国抗洪抢险情况的报告》中谈到："我们要提高认识，统一思想，增强水患意识，调整基本建设结构，增加水利建设投资，实行综合管理，从根本上提高抗御洪涝灾害的能力"，并提出了"全面规划，统筹兼顾，标本兼治，综合治理"的原则。

为了全面规划，必须首先对我国洪涝灾害的规律，有全面的认识。为此，提出以下五点建议。

(1)编制全国洪涝灾害区划图，依据灾害程度编制我国洪涝灾害防御总体规划，应将洪涝灾变(强度与频率)强度大的地方和洪涝灾度(损失程度)大的地方作为我国防御洪涝灾害的重点地区。

(2)编制各个洪涝区的洪水风险图，制订工程性和非工程性防灾规划。

(3)研究江河各段的洪水运行规律，结合各项防洪工程的防洪能力，制订综合性的洪水调度方案。

(4)制订各洪涝区的临灾应急方案，建设防洪避难系统(包括避难设施、行动、指挥等)。

(5)进一步学习贯彻《防洪法》，使每一个地方、单位、企业、个人都知道本地洪水的风险，明确防洪的责任，熟悉防洪技能，有充分的避难和自救互救知识。

#### 6. 改善中上游，尤其是上游生态环境，进行绿化工程建设

长江洪水日益肆虐的一个重要原因是上游森林植被的破坏。如果能将上游的森林覆盖率提高到50%，其调蓄水量的能力将达到4000亿立方米之巨，相当20个三峡水库或湖区分蓄洪能力的10倍。造成森林迅速破坏的原因是，人口增加需要耕地、烧柴和经济收入。如果加强规划和管理，这个问题并不是不可能解决的。

20世纪末，全国已治理水土流失面积为70万平方千米。四川省广元等地区所采取的山水综合治理的措施是很有成效的。广元地区年降水量平均为800 mm，但由于山高坡陡，森林植被破坏，水土大量流失，一方面连年干旱，另一方面流水汇入嘉陵江，也给下游地区造成洪涝的危害。经过多年的探索与实践，他们已探索出一条山水综合治理的路子。其基本做法是进行全面规划，将农民移迁至缓坡地带，将坡地劈为梯田，兴修蓄水池和微型、小型水利工程，既解决了农田用水，提高单产，又防止了山洪；半山腰陡坡地带大量种植经济林，增加农民收入；高山顶地带则退耕还林。采取这样的治理方案，数年至十数年后不仅可以使农民脱贫致富，而且使森林覆盖率大幅度提高。

由于森林产品甚丰，生态环境改变在减少自然灾害的同时增加收入。只要合理规划，认真

组织管理,可以预料,长江上游地区(如四川)生态环境是可以根本改善,进而减少水土流失,减少中下游河床淤积,增大湖泊和水库的库容,达到减轻洪涝灾害的目的。另外,对三峡工程的防洪能力是一个有力的保障。

7. 科学发挥三峡水库的防洪作用

三峡工程是长江中下游防洪系统的一个重要组成部分,它与中下游的堤防、行蓄洪区以及支流水库等相互配合,将中下游的防洪标准提高到一个新水平。三峡水库总库容 220 亿立方米,可使荆江河段在百年一遇以下洪水情况下,控制沙市水位不超过 44.5～45.0 m,并可不运用荆江分洪区。对 1931 年、1935 年、1954 年那样的洪水来说,均可做到荆江地区不分洪。遇百年一遇以上洪水时,可防止因荆江南北两岸堤漫、决口造成大量人口死亡的毁灭性灾害。如遇千年一遇洪水或历史上发生过的 1860 年、1870 年那样的洪水,可控制枝城流量不超过 8 万立方米/秒,配合荆江分洪区沙市扩大分洪区的运用和紧张的防汛,可保荆江河段行洪安全。同时,还可大大降低沿江宜昌、宜都、枝城等地的洪水位,使这些没有堤防保护的沿江城镇减少被洪水淹没的可能。对城陵矶附近地区,如遇上 1954 年那样的洪水或一般大洪水,可减少分蓄洪区的分蓄负担和损失,可提高武汉地区防洪设施的可靠性和调度的灵活性。此外,还可为松滋口等四口建闸控制和洞庭湖治理创造有利条件。

三峡工程不仅有拦洪作用,在一定时期内(大约数十年)将减少长江中下游的泥沙来量,减少中下游河道淤积,起到拦沙的作用,直到水库实现冲淤平衡。但是,三峡水库的库容也只有 200 余亿立方米,而据测定,嘉陵江、沱江、涪江每年冲走的泥沙达 2.5 亿吨。近年来,长江的输沙量明显增加,1981—1984 年平均输沙量已由 5.2 亿吨增至 6.8 亿吨,至今仍在增加。如果泥沙俱下即使采用“放浑蓄清”和建排沙孔等方法,泥沙淤积问题仍难以解决。从某种意义上看,三峡工程能否较长久地发挥防洪作用,上游的水土保持是关键性的环节。

长江洪水的主要来源除川江外,还有汉江、湘江、资水、沅水和澧水。仅川江的洪水不足以造成中下游的洪灾,如 1984 年四川暴发特大洪水,但长江中下游却安然无恙;而 1954 年四川洪水并不大,但因汉江和湘、资、沅、澧流域降大暴雨,在长江中下游造成洪水灾害。因此,长江三峡不能完全避免长江中下游及湖泊的沉沙淤积,在长江流域大面积造林,改善生态环境才是根本的措施。何况营造森林、改善生态环境皆伴有直接的经济收益,而水利工程的修建和防洪抢险行动常花费大量资金,两者相互比较,改善生态环境应放在防洪策略的重要位置。

据统计,长江上游水土流失面积约占上游总面积的 40%,应列为重点水土保持地区。其中,四川盆地及周围水土流失严重,尤其是川北,川西又是暴雨中心,故应是重中之重。

水土流失是山区多种自然灾害发生、发展的根源。因此,必须采取积极措施,做好水土保持工作。要制止陡坡开荒,毁林开荒。把 35°以上的坡地尽快退耕还林,25°～35°之间急坡耕地可采取林粮间作措施,缓坡耕地逐步实现梯田化,采取等高垄沟种植,横坡带状间作等措施。对水源林和山脊、山丘顶部及峡谷坡脚的森林,应严格控制采伐强度。坡度在 40°以上的森林,应划为禁伐区,大力开展植树种草,封山育林,增加地表覆盖度。除采取生物措施外,在水土流失严重的山区,应在山口适当地形部位修建较大型的防洪防淤工程,沟谷修建多级谷坊,节节拦洪拦沙。只要采取上述措施,即可收到较好的经济效益和生态环境效益。

据悉,水利部已编制了《全国水土保持建设计划》,长江中下游水土流失治理的总体目标是 1999—2001 年,3 年治理 4.5 万平方千米;2002—2010 年,9 年治理 12.8 万平方千米,可使小

流域减蚀量达到70%，长江减沙量达到10%，增加蓄水能力120亿立方米，每年拦蓄泥沙6亿吨；2010—2030年将治理全流域80%的水土流失面积。但治理1 $km^2$ 水土流失面积，国家需投入20万元。若使长江中上游水土流失根本治理，需投资700亿元。因此，为实现这一目标，除了国家增加投入外，关键是要推行减灾社会化，将减灾—扶贫—发展作为一项系统工程加以整体安排。

*8. 应严禁与水争地，加强分蓄洪区的管理*

加强分蓄洪区的管理，发挥分蓄洪区的防洪作用是十分重要的。我国西汉时期，即有蓄滞洪区，称为“水猥”。与其经济发达地区遭灾，不如牺牲不发达的蓄滞洪区，“两害相权取其轻”，这是一个正确的原则。

长江中游已规划有多个分蓄洪区，计有荆江地区4处，有效容量60亿立方米；洪湖地区1处，约160亿立方米；洞庭湖区24处，约160亿立方米；武汉附近地区6处，约130亿立方米；鄱阳湖区4处，约26亿立方米；华阳河1处，约25亿立方米；总库容达500亿立方米。按水利部的长江防洪规划，由于洞庭湖的蓄洪能力和长江干流的排洪能力不足，在洞庭湖区和干流两岸都划分了重点确保区、一般保护区和行洪、蓄洪区。遇大洪水时，应先开放行、蓄洪区，以确保重点区的安全。这里存在“主动蓄洪”和“被动蓄洪”的问题。所谓“主动蓄洪”，是指按水情预报和防汛预案，对预定的蓄洪堤垸，主动扒口分洪。这样分洪的效果较好，群众的财物损失较少，但动员撤离工作非常困难，灾后补偿需由政府包起来，善后工作往往长期得不到解决。所谓“被动蓄洪”，是指在洪水到来时不分蓄洪区和确保区，都尽力防守抢护，直到溃口。这是1996年长江中游防汛中普遍采取的办法，群众称之为“拼实力”。这样做，分洪效果差，甚至可能蓄洪垸没有溃口而重点垸先溃了口。即使蓄洪区先溃口，由于群众事先没有准备，财物损失很大，甚至造成人员伤亡。但是，这种办法群众容易接受，认为是属于不可抗拒的灾害，灾后适当救济，群众还很感谢。

很明显，为了保证分洪效果，减少分洪损失，应当尽量做到有计划地“主动蓄洪”。但要做到这一点必须有硬件和软件两方面的条件。硬件是蓄洪区内有可靠的安全设施，软件是对蓄洪后的补偿有明确的政策。由于没有具备这两方面的条件，长江中游的蓄洪规划很难落实。所有的问题中，最关键的一环就是必须限制分蓄洪区的盲目发展，尤其应避免增加过多的人口、兴办经济高密度企业，应以发展农业为主，并相应建立确保人民生命和固定财产安全的洪水避难系统。现在，全国总计规划安排的行洪和蓄洪区99个，涉及1600万人和200万公顷耕地。当初规划时，这些地区常年遭灾，生活无保障，划为行洪、蓄洪区后，解除了普通的水旱灾害，只是在大洪水或特大洪水时才淹没一次，情况有很大改善。但是若干年后，这些地区在相对稳定的生产条件下，经济有了很大发展，如果行洪、蓄洪一次，要遭受很大损失，这样便影响了各级领导执行防洪预案的决心。为了保住这些本应打开的分蓄洪区，不得不又花费大量人力物力加高其堤垸，其结果必然抬高江河水位，使江河两岸地带洪水风险更大。堤垸越高，风险越大，一旦决口将造成比分蓄洪区主动决口成十倍、百倍的损失。

因此，按规划进行分蓄洪区建设，限制分蓄洪区的盲目发展，发挥分蓄洪区的作用，是目前最有效、代价最低的防洪策略。全国分蓄洪区的总人口尚不及全国人口的1/80，合理安排其生计，并不是十分困难的问题。

与此同时，应严禁围湖造田，严禁侵占河床，严禁非法采砂。据悉，1998年9月湖南洞庭

湖区已使 129 个堤垸退田还湖，并决心将洞庭湖的湖面积恢复到 4000 $km^2$，这无疑将对减轻长江洪涝灾害发挥巨大的作用。

9. 发展灾害科学

首先应提高防洪工程性措施的科技含量和社会化程度，多方兼顾，提高防洪效益。

1954 年后，依据“蓄洪兼筹，以泄为主”的方针治理长江，已基本完成了长江防洪体系，且防洪效益十分显著。据测算，1949 年至今长江流域抗洪总投放 141 亿元，保护了 1113 万公顷耕地和城镇安全，总效益已达 1600 亿元。这些防洪工程，在防御 1998 年大洪水时发挥了巨大的作用，仅湖北省防洪效益达 800 亿元，保护了 2000 余万人生命财产的安全。但是，我国是个发展中国家，财力有限，新中国成立到现在，我国用于长江防洪工程的投入和广大群众役劳折资近 200 亿元，仍满足不了防洪的需要。由于投入不足，欠账多，工程老化失修，长江中下游堤坝险工险段、病险库闸多，汛期高水位时经常出现大的险情。另外，长江中下游堤防多是在历史老堤上修建起来的，隐患多，由于长江干流河床演变频繁，致使长江崩岸加剧，许多堤坝和水库、圩口发生险情。1998 年洪水发生重大险情 4000 余处，虽然军民严防死守，排除了险情，但一旦决口，将有数百万人民生命、数千亿产值、数万亿固定资产蒙受损失。灾后反思，使人们一致认识到必须提高防洪标准。防洪标准的提高首先是一个科学问题，必须提高防洪工程性措施的科技含量和社会化程度，以尽可能地减少投资，提高防洪效益。

为了有效地防御洪灾，且最大程度地节约经费开支，必须在调查研究历史灾情、评估防洪综合能力、进行洪水风险预测的基础上，将各江河流域的防洪体系和防洪标准作为一个总体进行综合规划。提高防洪标准不是简单地加高、加固，切忌“平均主义”。各地防洪标准的确定应以所处地区的洪水风险为依据，同时还应考虑各种工程性与非工程性措施的综合效益，科学设计，厉行节约，以最少的投资求取最大的防洪效益。

防洪工程的建设，除了重视国家投入的骨干性水利工程外，还要充分调动地方各级政府和全社会兴修水利的积极性，并纳入统一的规划。在此强调指出，应特别重视组织进行上游微型、小型水利工程建设，修建简易以蓄水拦沙为目的的山间水库，这些工程投资小、见效快，深受农民欢迎。如果各流域上游普遍展开，不仅可有效地防御水旱灾害，而且可避免洪水、泥沙汇集中下游酿成大害，一俟山间水库被泥沙淤积填满，又得造田之利。

要重视城市防洪规划，研究立体化城市防洪体系的工程技术是减轻灾害的关键。

在长江流域森林大批破坏、湖泊大量减少的今天，只有大力营育森林，改善生态环境，进行小流域治理，坚决执行分蓄洪区规划，实施南水北调工程，进行长江入海口工程建设给过量洪水以宣泄的空间，否则只是采取加高加固大堤，限制洪水的宣泄，只能加深人与洪水的矛盾，即使挡住一时终究要酿成大祸。另外，我国是水资源严重缺乏的国家，社会发展与经济繁荣与水资源的主要矛盾不是多水，而是少水，一味采取封堵的办法，势必增大洪流的入海量，加深了水资源缺少的矛盾。因此，只有使水资源涵养于林，储集于库，分洪于田，引流于陆，才是主要的防洪策略。

10. 积极开展多学科、多方法、跨部门的自然灾害预测技术综合研究

1998 年长江流域等地区的严重洪涝灾害，虽然气象部门根据主要降水带分布的预报做出了比较准确的推测，但是对如此严重程度，仅靠气象部门是难以做出预测的。因为洪涝灾害的发生，除了降水因素外，还与当地的社会环境等条件及其变化情况有着密切的关系。此外，根

据有关自然灾害规律的研究，重大气象灾害事件与地震、火山爆发等重大灾害事件有一定的相互关联。为了提高对重大自然灾害的预见性，增强政府等领导部门的防灾抗灾的主动性，应该开展自然灾害综合预测技术的研究。由于此项工作十分复杂，涉及面广，因此需要多学科、多部门的紧密协作来进行，建议国家科学技术管理部门应给予大力支持。

加强部门之间的协作，切实做好有关信息的共享。根据气象工作者反映，在 1998 年长江流域等地区的降水预报中，由于实时降水量信息不足，其降水落区和量级预报的准确性受到一定影响。而水利部门在沿江、河、湖等地的雨情站点比气象部门稠密，降水量信息多，完全可以弥补气象部门的不足，不需重复设站。但是，由于部门之间在此问题上协作不够，致使一些可贵的降水信息未能及时被气象部门利用。由此可见，要不断提高洪涝等重大自然灾害的预测水平，全面深入开展我国减灾科学研究，需要各有关部门发扬抗洪协作精神，切实解决有关灾害信息的共享问题。

11. 科学决策

我国防洪减灾事业面临的挑战，既有自然条件的恶劣和经济发达地区与洪水威胁严重地区相重叠的不利形势，也有社会行为和体制建设的缺陷带来的障碍。因此，需要依据变化了的水情、河情和工情形势尽快对已有防洪规划作出修订。科学治水的首要任务是治水决策的科学化，而保证决策科学化的基础是系统深入的宏观政策研究。1998 年洪水所揭示的经济发展与环境保护之间的矛盾与冲突，雄辩地证明了加强宏观科学研究、完善防洪减灾方针的重要性。

回顾历史，以往我们的治水方针主要针对自然态洪水，认为只要控制了洪水，就解决了灾害发生的条件，可以完全控制灾害的发生。所采取的主要措施是提高气象和洪水预报精度，即研究降雨及降雨之后的洪水产汇流；在有条件建设调蓄洪水的地方修建水库；修筑堤防和整治河道，以提高河槽的泄洪和槽蓄能力；在关键地区继承历史状况开辟蓄滞洪区或分洪河道，以降低洪峰水位等。然而 40 余年来，我们在上述方面都作出了重大努力并取得显著成绩，控制洪水能力提高了，但灾害损失却有增无减。20 世纪 90 年代以来水灾频繁发生，而降雨自然规律与历史情况相比并无明显差异。其中的原因当然包括近 20 年来水利建设投入力度不够、水利工程老化失修严重、防洪标准偏低等因素，因而必然得出加强水利工程建设的结论。不过，只此一点，对于有效减少水灾损失还是不够的。

试看我国主要江河防洪形势的变化。造成 1998 年长江中游防洪严峻形势的关键问题在于，与 1954 年洪水比较，1998 年在多数江段洪峰流量小于 1 万立方米/秒左右，而相应水位反而高出 1 m 上下，这是问题的焦点所在。这个变化并非由于水利工程不足所引起，反过来说，只注重建设防洪工程并不能阻止江河防洪形势的恶化和达到充分减灾的目的。

事实证明，20 世纪只看重工程防洪的方针已经走至尽头。应该在全面检讨的基础上，根据显著变化了的防洪客观条件，研究和借鉴前人和国外防洪减灾的策略和有益经验，调整和完善适合我国国情的新的防洪战略和减灾措施。不过，我国目前面临的防洪减灾问题虽然和美国等发达国家 20 世纪五六十年代的情况有许多相同之处，但减灾措施的选择却与国家的灾害环境、财力基础以及社会制度等国情有关，不可以简单照搬其他国家的模式。在这方面我们也有自己的经验教训。例如，我们引进防洪非工程措施观念已有 10 余年的历史，但我们所吸收的仅限于针对洪水的技术措施（如建立水文自动监测系统、防洪预警和决策支持系统等），而对

非工程措施最本质的研究，即调整社会发展以适应洪水方面则相当缺乏。20 世纪 80 年代中期，我们曾仿照国外经验，在淮河中游蓄滞洪区试行洪水保险计划，也由于缺乏对国情特点的研究，结果无功而返。因此，必须首先针对我们自己的国情，开展宏观的、综合的基础研究。

防洪减灾的战略研究事关总体部署，它应该超前于行为实施。同时，由于防洪减灾问题十分复杂，是包罗多个自然科学学科和社会科学学科在内的综合性研究，涉及有关行政区域和相关业务部门的总体安排，需要政府主管部门的支持和指导。

12. 加强洪水灾害管理

(1)建立灾害洪水信息系统与通讯系统，及时掌握水情，进行科学洪水调度是减轻洪水灾害的有力措施。1998 年各项水利工程都发挥了重要的作用，汛期中 1200 座中小型水库由于合理调度，拦蓄洪水 400 余亿立方米，减少农田受灾面积 181 万公顷，减少直接经济损失 1000 余亿元。

(2)加强洪水灾害管理，以法治水。洪水灾害的发生有其自然原因，大多是不以人的意志为转移的。目前，人力也很难消除自然致灾因素，只能研究其规律进行预测预防。而洪水灾害肆虐的重要原因是由人类活动所造成的，这方面是完全可以通过规范人类的行为，发挥人的作用达到减轻洪水灾害的目的的。

由于自然灾害的形成是多因子的，各自然灾害形成往往彼此有一定的联系，减轻自然灾害是涉及社会方方面面的系统工程。为了使减灾走向社会化，需要在已有的《森林法》、《防洪法》、《防震减灾法》、《土地管理法》等的基础上，考虑社会经济建设和可持续发展的需要，制定综合的《减灾法》，以法减灾，以法治水，组建全国及各地区有权威的灾害综合管理机构，以做到对各种灾害的减灾进行统一规划、统一领导、统一指挥、统一标准，以更有效地减轻灾害，促进社会发展。

综上所述，重视灾害的社会属性并采取针对性的战略部署和治理措施，把防洪减灾作为国土整治的前提条件和重要组成部分，制订长远的综合治水总体规划，并用立法加以保证，建设全社会的防洪减灾体系，将为有效减灾开辟新的途径。为此，必须首先加强防洪减灾宏观战略研究。事实上，1998 年洪水之后，各界对滥伐森林、围湖造田后果的一致认识，正是 1991 年大洪水以来有关防洪宏观研究成果所取得的社会效益。

## 第二节　2008 年中国“5.12”汶川地震灾害事件解析

### 一、概况

2008 年 5 月 12 日，四川省汶川县发生 8.0 级特大地震。

汶川大地震强度大、震源浅、烈度高、地面运动强烈、余震强度大、波及面积广，是新中国成立以来影响最大的一次地震，震级是自 1950 年 8 月 15 日西藏墨脱地震(8.5 级)和 2001 年昆仑山大地震(8.1 级)后的第三大地震。汶川大地震是里氏 8.0 级，属于巨大地震；从地震张量的指数上看，汶川大地震是 9.4 级，比 1976 年唐山大地震(2.7 级)大 3 倍多；大部分地震重灾区的地震烈度都达到了Ⅸ度以上，最大烈度达到Ⅺ度；大地震发生在地壳脆—韧性转换带上，震源深度为 14 km，属于浅源地震；持续时间较长，大地震断层错动时间是 22.2 s，地震引起的

地表破裂带总长约 200 km；汶川地震是逆冲、右旋、挤压型断层地震，挤压型逆冲断层地震在主震之后，应力传播和释放过程比较缓慢，可能导致余震强度较大，持续时间较长。因此，此次地震的破坏性巨大。地震波及的面积超过 10 万平方千米，包括震中 50 km 范围内的县城和 200 km范围内的大中城市，中国除黑龙江、吉林、新疆外均有不同程度的震感，其中以陕甘川三省震情最为严重，甚至泰国首都曼谷、越南首都河内、菲律宾、日本等一些地区也均有震感。直接严重受灾地区达 10 万平方千米。这次地震危害极大，特别是重庆市、甘肃省、陕西省因地震造成了严重的人员伤亡和经济损失。

汶川地震给包括四川、甘肃和陕西三个重灾省在内的十个省(区、市)造成了严重损失，大量城乡房屋倒损，基础设施和公共服务设施遭到严重破坏，农业、工业受重创，生态环境受到严重影响。地震引发的滑坡、滚石、泥石流等地质致灾因子和堰塞湖给灾区带来极大威胁。截止到 9 月 25 日，汶川地震造成 69227 人死亡，17923 人失踪，374643 人受伤，紧急转移安置 15106207 人；受灾人口达 46256000 人。截止 9 月 4 日，汶川地震灾害直接经济损失达 8523.09 亿元。其中，四川省损失 7717.70 亿元，甘肃省损失 505.35 亿元，陕西省损失 228.30 亿元，重庆市损失 54.07 亿元，云南省损失 16.83 亿元，宁夏回族自治区损失 0.83 亿元。汶川地震造成 7967436 间房屋倒塌，24542906 间房屋损坏，房屋倒损的直接经济损失 4038.94 亿元，占地震灾害直接经济损失总值的一半以上。

汶川特大地震发生后，党中央、国务院高度重视，立即成立了国务院抗震救灾总指挥部，迅速组织动员全国力量抗震救灾、重建家园。党中央、国务院领导亲临地震灾区指挥，慰问受灾群众，对全国人民夺取抗震救灾和恢复重建工作的全面胜利以莫大鼓舞。四川省委、省政府迅速组织全省广大军民奋力抗震救灾、恢复重建，谱写了自强不息、团结奋斗的抗击地震灾害的英雄凯歌。

温家宝总理在震后第一时间急赴灾区指挥应急救援和抗震救灾，国务院、中国地震局等部委局和震区的省、市、县政府迅即启动地震应急预案，成立前后方抗震救灾指挥部。灾区各级党委、人大、政府、政协等迅速派出得力领导干部，立即深入重灾市县，现场指挥应急救援工作。地震、民政、部队、武警、卫生、交通、通信等部门在震后第一时间派出紧急救援队奔赴灾区，服从当地政府抗震救灾指挥部的统一领导，确保了灾区政令畅通、行动统一，以及应急救援工作有力、有序、高效地开展。

地震应急响应迅速。地震部门协助灾区各级政府组织、协调、指挥开展卓有成效的地震现场应急救援工作，地震灾害紧急救援专业队伍在抢救人民群众生命中发挥了重要的攻坚克难的突击作用。

汶川特大地震发生后，全国人民积极响应中央号召，举全国之力对地震灾区实施立体救援，形成社会各界的整体合力。地震发生后，各有关单位及时组织开展抗震救灾捐赠活动，社会各界和各族群众踊跃向灾区人民送温暖、献爱心。“一方有难、八方支援”是中华民族的传统美德，成为战胜自然灾害的重要法宝。

## 二、致灾因素

### (一)自然因素

龙门山逆冲推覆构造带是青藏高原内部巴颜喀喇地块和中国东部华南地块的边界构造带，经历了长期的地质演化历史，具有十分复杂的结构和构造，长期的应变能量高度蓄积，到了

一定程度便可能使地壳破裂，发生强烈地震。因此，早在 1992 年出版的《中国减灾重大问题研究》一书关于地震灾害的发展趋势中有如下描述："综上所述，20 世纪末期与 21 世纪初期为地震活跃期。据估计，最近 15 年将有 7 级及 7 级以上的地震发生。地震危险区主要在西部，特别是川滇—贺兰山构造带与青藏高原边缘的若干构造带通过的地区。"事实证明，四川汶川特大地震和以后的玉树地震恰恰发生在这一地区。

这个地区，北面是欧亚板块，南边是印度板块。印度板块以每年 40 mm 的速度向北推进，但是受到了我国青藏高原北面昆仑山断裂带的阻拦，改向东或者东偏南的方向流动。因此，在龙门山断裂带的西面甘孜地块和川滇地块以 18～20 mm/年的速率朝着偏东、偏南的方向运动(图 3-1)。东边的华南地块的运动速率按照最新的测量结果是 12～14 mm/年。龙门山断裂带西边，从北西的方向向东南方向移动，每年有 18～20 mm 的移动，南边的华南地块每年只有 12～14 mm 的运动量。差值有 4～8 mm。因此，应变能在龙门山断裂带以 4～8 mm/年的速率积累，使得龙门山断裂带地应力集中(图 3-2)，成为最具有地震危险性的活动构造。

这个地区是我国活动性构造最发育的地区。根据已经鉴别出的活动性断裂的规模及其活动性，1995—1998 年我们进行了地震危险性预测，指出"2007—2015 年可能为一新的地震活跃幕。"从图 3-3 不难看出，汶川一带是最危险的地区之一。

汶川地震诱发了大量的地震次生灾害，使灾害更为严重。汶川大地震位于中国地貌最高的一个台阶的边缘，地形陡峭，流水喘急，大地震极易引发大量崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害，是我国地质灾害最危险的地区。1995—1998 年我们进行了地质灾害危险性预测，从图 3-4 不难看出汶川一带是最危险的地区之一。

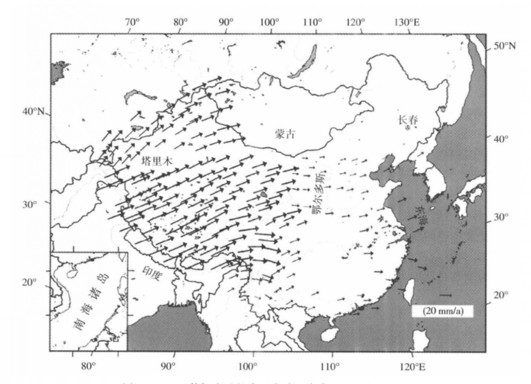



图 3-1　GPS 数据表示的中国大陆地壳表层运动发生方向

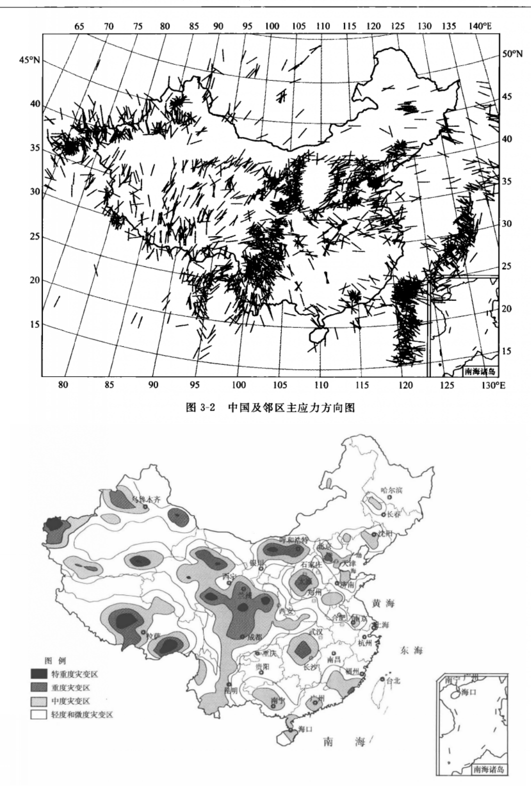



图 3-2　中国及邻区主应力方向图

图 3-3　中国 21 世纪初期地震灾变预测图(1997 年)

余震、暴雨、持续的高温是地震次生灾害的重要诱发因素，在主要致灾因子的作用下形成地震灾害链、暴雨灾害链和高温灾害链，次生灾害链的复杂性和多样性导致其危害日益严重。汛期暴雨多，径流量大，易形成洪水，导致水土流失、泥石流等灾害频繁发生。泥石流和水土流失使地表植被和农田遭受破坏，还会造成建筑物和桥梁的损坏以及生态环境的恶化。泥石流堵塞河道时形成堰塞湖，一旦湖体破裂，会酿成洪灾和涝渍，潜在威胁大大增加。高温会形成热浪，使火灾和传染病的发生概率大大增加。火灾使房屋烧毁，形成“孤岛”效应，导致人员被困，无法及时救助而死亡。传染病的传播速度极快，若防治措施不力，会迅速蔓延，导致人口大量死亡，引发社会恐慌，危害非常大(图 3-5)。

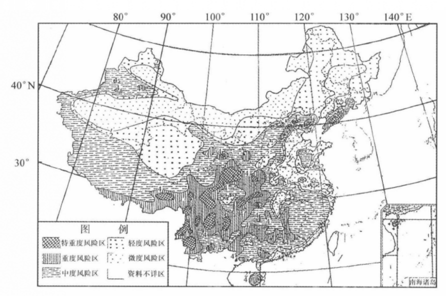



图 3-4　中国地质灾害风险区划图

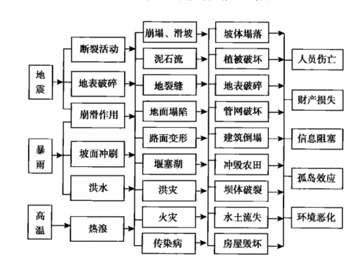



图 3-5　汶川地震次生灾害的致灾因子、主要类型和基本灾害链[23]

### (二)人为因素

#### 1. 建筑物设防烈度偏低

"5.12"汶川地震之所以造成地震重灾区建筑物极其严重的破坏,主要是由于这次地震的烈度远远超过了当地的抗震设防烈度。我国长期以来经济欠发达,属于发展中国家,目前我国对建筑物的抗震设防原则是"小震不坏、中震可修、大震不倒"。一般超过Ⅸ度的地震或者地震烈度超过设防烈度两度以上时就可以造成房屋大量倒塌。在"5.12"汶川地震前,"5.12"汶川地震重灾区的建筑物抗震设防烈度都为Ⅵ度和Ⅶ度,而此次"5.12"汶川地震重灾区地震烈度达到Ⅸ～Ⅺ度,远远超过了当地建筑物的设防烈度,"5.12"汶川地震造成了地震重灾区的建筑物严重破坏也就在所难免了。因此,地震烈度是造成建筑物破坏的主要原因。

#### 2. 居民点选址不当

灾区地处山区、人口密度相对较高,人地关系比较紧张,加之缺乏防震减灾的知识,有块比较平坦的地方就择其而居,很少考虑到地震、滑坡、崩塌、泥石流等自然灾害可能对其生命和居所造成的毁灭性影响。因此,很多居民点或居民住房是建在地震的发震带、断裂带上或是建在容易失稳的边坡上、容易失稳的边坡附近,如北川老县城、彭州市的银厂沟、平武县的南坝镇、青川县的木鱼镇等地都处在地震断裂带上。北川老县城和彭州市的银厂沟周边山体陡峭、岩石破碎,或者在倾斜的岩石表面覆盖着松散的土层,其受滑坡、泥石流等次生灾害的危害非常大,在地震中这些地区的建筑物都受到了严重的毁坏。

#### 3. 灾区农房勘查设计、施工的缺失以及对建筑材料的把关不严

在"5.12"汶川地震中,广大农村地区大量农房受到了毁灭性破坏,而城市房屋的损毁程度明显较农房轻。究其原因,"5.12"汶川地震前,政府部门未向农民免费提供过技术标准、标准设计图集等。农村地区修建的砖混结构、底框结构等结构形式的房屋普遍未委托正规设计单位进行设计,也没有委托正规施工单位进行施工。一般在批准土地,计划好修建的面积、层数后,就聘请工匠修建或自行修建,因此农房普遍存在质量安全隐患,也普遍缺乏抗震性能。

另外,广大农民朋友修建房屋时首先考虑的是经济、实用和美观,很少把建筑物的质量和抗震设防放在房屋修建的首位。由于大地震发生周期都比较长,年轻一代普遍缺少大地震的经历,农村地区地震知识又不普及,因此农村建房时抗震意识比较低,如果有了多余的钱,农民朋友会追求大、追求气派、追求豪华,不会充分重视建筑物的抗震。

同时,在农房修建时一般以户为单位进行,单户农房建设的规模一般都不大,其使用的钢材、水泥等主材一般都是在分销商处购买。由于对分销商销售的建筑材料质量缺乏监管,因此在分销商处购买的钢材、水泥等主材质量往往难以保障,如果将这些不合格建筑材料用到工程中,就形成了重大质量安全隐患。

## 三、成灾环境

#### 1. 灾区地质背景

汶川地震处于我国一个大地震带——南北地震带上,中部地区的中轴地震带位于100°—

105°E 之间，涉及地区包括从宁夏经甘肃东部、四川西部，直至云南，属于我国的地震密集带。从小的方面说，汶川又在四川的龙门山地震带上。因此，这里发生地震的概率较高。

龙门山主边界断裂全长 500 km 以上，总体走向北东 35°～45°，断层面倾向向西，倾角 50°～70°，由北东段的马角坝断裂、中断的灌县—二王庙断裂和西南段的大川—天全断裂组成。在平面上总体呈左行雁列展布、该断裂在中、晚更新世 Qp(大约在 100 万年到数十万年)有较强活动。

龙门山主中央断裂纵贯整个龙门山脉主脊，走向北东 35°～45°，断层面倾向北西，倾角 60°左右，由数条次级逆断层组成叠瓦式构造带，主要表现为元古庙九顶山杂岩体(茂县群 Smx2)下震旦统(Z1)和上古生界(C—P)中、下三叠统(T2—T1)向南东逆冲于上三叠统须家河组(T3xJ)之上，并在其东侧发育了一系列飞来峰建造。龙门山主中央断裂为一条中晚更新世(50 万年以来)有活动的断裂，其中以北川—太平场一段活动最为活跃。

龙门山后山断裂西南端在泸定县冷碛附近与南北向的大渡河断裂相交，向北东经陇东、汶川、平武、青川进入陕西境内，延伸 500 余千米，由茂—汶断裂、青川—平武断裂等组成。茂—汶断裂走向北东 25°～50°，由一系列倾向北西的叠瓦状逆冲断层组成，发育于前震世(Sn)花岗岩，元古杂岩、震旦系或志留、泥盆系之间，沿断裂形成强烈的断层角砾岩、断层泥或劈理化带，该断裂在早更新世 Qp(约 100 万年)活动明显，中、晚更新世(50 万年到数万年)仍有活动。青川—平武断裂呈北北东向，倾向北北西，倾角 60°～80°，由数条近于平行的断裂组成，总体上表现为逆冲为主，同时还兼有走滑特征，早期左旋走滑，后期右旋走滑，该断裂属全新世(Qh)活动断裂，活动方式为右滑兼正断。

总之，龙门山断裂规模巨大，叠次活动，地表岩石破碎，构成了“5.12”特大地震的成灾环境。而在中央主断裂两侧的安县—灌县断裂、茂汶—汶川断裂，由于破裂程度很小，龙泉山断裂几乎未发生破裂，则使相关区域灾情大为缓解。

2. 灾区地理背景

四川盆地是我国四大盆地之一，形状似菱形，大致以广元—奉节—叙永—雅安连线与盆周山地分界。盆地内龙泉山以西为成都平原，面积约 9500 km$^2$，为岷江、沱江、涪江冲积挤压洪积平原，海拔 450～750 m，地势由西北向东南倾斜。龙泉山以东为红层丘陵地区。成都平原西部因板块碰撞抬升而起的龙门山呈北东—西南走向延伸 500 多千米，宽 30～50 km 不等，海拔 700～4000 m 以上，主峰九顶山 4948 m，成为成都平原向青藏高原的过渡地带，属于世界屋脊和横断山脉的东缘部分，堪称地理奇观。

汶川灾区地貌有以下三个特征。一是相对高差大，所属区域地貌单元为我国第一级阶梯向第二级阶梯的过渡地带，西部主要为高原边缘、中部为中高山山地地貌、东部为山前平原和低山丘陵；二是地形复杂，地貌类型多样；三是区域沟谷纵横，切割强烈，地形坡度陡。这样的地貌尤其以西部高原区和中部龙门山区最为明显，使得区域地表极不稳定，在汶川地震之前，区域就存在大量的滑坡、泥石流和岩石崩塌等灾害性地质灾害发生的隐患。另外，在这种地理背景下，震后交通中断，使得许多山区乡镇沦为“孤岛”，为交通和通讯的及时恢复、救灾物资和人员的快速到达布设了很大的障碍，使得救援工作的开展异常困难。

汶川地震灾区气候较为复杂，东部山地基带气候为亚热带湿润季风气候，西部山地为干热河谷气候。由于灾区山地较多而且海拔高、高差大，立体气候显著，各地气候的差别也特别大，

气温、降水和光照分布极不均衡。特别是灾区降水集中在5—10月，易发生暴雨和洪涝灾害。

由于区域降水较多，河流也较多。河流多在山区，多为峡谷型河流，这种水文条件虽然为当地提供了丰富的水资源和水利资源，但与此同时也为震后许多堰塞湖的形成创造了条件。

3. 汶川大地震发生在人口密度不是很大的地方，在一定程度上降低了死亡人数，但灾区落后的经济、残缺的基础设施增加了抗震救灾的难度

汶川地震震区人均GDP按户籍人口计算为12328元(2007年)，略低于同年四川省12893元的平均水平。极重灾区人口密度为138.9人/km²，大大低于全部重灾区和四川省人口密度。

极重灾区在四川省工业中占有较为重要的地位，是四川的工业基地，人均GDP达到17540元，比四川省平均水平高36.04%，但在基础设施建设、应急物资储备方面和全民防灾意识的培训方面尚处于较低的水平。例如，在青川木鱼中学进行救援的过程中，可利用的救援机械只有一台，让广元的官员都发出"即使再穷也不可能穷到这种程度"的感叹，救灾物资储备的严重不足严重制约了震后的抢险救援工作。再如，直到2007年，四川6个重灾市(州)才有防震减灾科普示范学校91所，师生总数11.7万人，约占6市(州)学校和师生数的2.5%和16.8%；6市(州)的农房安全示范乡镇66个，村60个。四川省全年开展的防震减灾宣传才90次。

## 四、灾害损失和社会影响

### (一)灾害损失

汶川地震是中国近60年来破坏性最强的地震，地震导致的房屋倒塌是造成人员伤亡的最重要因素，特别在地震中心区域的四川省。连续不断的强余震也造成了新的人员伤亡。由于灾区地质结构复杂，地震引发了大量的崩塌、滑坡、泥石流等次生灾害，阻断了山区道路河流，毁坏了城镇和建筑物。四川省的北部和东北部地区受灾最为严重，汶川县、北川县、茂县和平武县位于地震中心地带，因而遭到严重破坏，邻近的都江堰市、彭州市、什邡市、安县、江油市和青川县也严重受灾。

对汶川地震造成的直接经济损失进行单项分析显示，地震造成的房屋损失在总直接经济损失中比重最大，三省房屋损失金额总计4038.94亿元；其后依次为交通设施损失(损失金额873.92亿元)、工业损失(损失金额647.91亿元)、水利和电力设施损失(损失金额469.77亿元)、服务业损失(损失金额411.34亿元)、农业损失(损失金额384.12亿元)和居民财产损失(损失金额374.08亿元)。

1. 经济损失

2008年9月4日上午，国务院新闻办召开灾害损失评估情况新闻发布会，公布灾害损失评估结果。三省地震灾害损失合计12210.54亿元，其中四川11343.3亿元，甘肃617.7亿元，陕西249.54亿元。

三省直接经济损失8451.36亿元，其中四川7717.70亿元，甘肃505.35亿元，陕西228.30亿元。此外，根据重庆、云南、宁夏等省(区、市)政府上报数据，重庆市损失54.07亿元，云南省损失16.83亿元，宁夏回族自治区损失0.83亿元。此次汶川地震灾害直接经济损失合计8523.09亿元。

川甘陕三省严重受灾的51个县(市、区)直接经济损失6503.40亿元,其中四川6080.69亿元,甘肃314.62亿元,陕西108.08亿元。

2. 人员受灾

截止到2008年9月25日,汶川地震造成69227人死亡,17923人失踪,374643人受伤,紧急转移安置15106207人;受灾人口达46256000人。

3. 房屋损毁

房屋损毁主要集中在农村和城市的居民住房和非居民住房。汶川地震造成7967436间房屋倒塌,24542906间房屋损坏,房屋倒损的直接经济损失4038.94亿元,占地震灾害直接经济损失总值的一半以上。房屋毁损状况分为三种类型:倒塌房屋、严重损毁房屋、轻微损毁房屋。

(二)各省地震损失概况

汶川地震给包括四川、甘肃和陕西三个重灾省在内的十个省(区、市)造成了严重损失,大量城乡房屋倒损,基础设施和公共服务设施遭到严重破坏,农业、工业受重创,生态环境受到严重影响。地震引发的滑坡、滚石、泥石流等地质致灾因子和堰塞湖给灾区带来极大威胁。地震造成的三省直接经济损失占地震直接经济损失总数的99.16%,四川省、甘肃省、陕西省直接经济损失分别占汶川地震直接经济损失总值的91.32%,5.98%和2.70%。

(三)社会影响

汶川地震所造成的直接经济损失占到2007年国内生产总值的3.3%,对国民经济造成了显著影响。继2008年初南方冰雪灾害后,汶川地震是本年度袭击中国的第二次重大自然灾害。如果考虑间接经济损失因素,实际损失将远高于目前评估的水平,带来巨大的社会影响。

1. 基础设施损毁

"5.12"汶川地震灾害造成的市政、道路、水利及通讯设施受损空前严重。据不完全统计,四川省道路基础设施破坏和受损超150亿元。截至2008年5月17日,甘肃公路交通损失11.4亿元,陕西损失超过1亿元,重庆损失超过6000万元。另据四川省水利厅统计,截至2008年5月17日11时,震损水源设施88615处,影响人口362.3万人;震损渠道7635.3 km,影响灌溉面积336.1万亩;震损农村水电设施断线1978.6 km。地震还使得四川重灾区7个县城及众多乡镇与外界通信中断,全省共有616个有线交换局受损,无线基站累计受损16507个,传输光缆损毁10960皮长千米。四川共有近20个市县的供水设施严重损坏,都江堰市等一些城市的电网和其他管网普遍损毁。

2. 产业损失

(1)工业损失。截至2008年5月25日,四川全省有22428家企业不同程度受灾,经济损失超过2000亿元,企业职工遇难4414人,受伤12545人。其中,6个重灾区德阳、成都、阿坝、绵阳、广元、绵竹经济损失约1800亿,占全部损失95%以上,而这6个城市在全省的经济地位举足轻重。2007年,四川省GDP总值为10500亿元,6市就贡献了5100亿元,占到50%以上。根据四川省信息产业局统计,这次全省信息产业因灾受损42.8亿元,均集中在成都、德

阳、绵阳。四川省地税局当时对全省受灾情况进行预测，地震将影响四川全省地方收入减少150亿元以上。央企在本次灾难中也受到了较大的损失，2008年5月21日的国务院新闻发布会上，国资委主任李荣融表示，中央企业到目前为止估计的损失超过300亿元人民币。四川的白酒行业，此番受灾最严重的是剑南春，直接经济损失高达10亿元，除工厂及建筑物受灾外，最大的损失来自失去近40%的宝贵陈年基酒。有业内人士当时更预言：汶川地震是对中国整个白酒产业的摧残，或将改写川酒格局。

(2)农业损失。截至2008年5月27日，四川省渔业经济损失84228.48万元，占汶川地震渔业总损失的90.52%；水产养殖受灾面积34.4万亩，占总损失的87.27%；损失成鱼2.25万t、苗种2355.53 t，分别占总损失的91.49%和74.38%；损毁鱼池14.12万亩、生产用房16.5万平方米、网箱238.8亩和管理服务用房1.9万平方米，分别占总损失的77.93%，85.94%，30.66%和62.39%。重庆市渔业直接经济损失3453.6万元，水产养殖受灾面积3.3万亩，损失成鱼182.3吨、苗种48.1吨，损毁鱼池3.3万亩、生产用房7851 $km^2$。陕西省渔业经济损失3745万元，水产养殖受灾面积9915亩，损失成鱼1829吨、苗种671吨，损毁鱼池3860亩、生产用房8616 $m^2$、网箱540亩、管理服务用房8610 $m^2$。甘肃省渔业经济损失671.8万元，水产养殖受灾面积93亩，损失成鱼16吨、苗种22.1吨，损毁鱼池188亩、生产用房1778 $m^2$、管理服务用房2720 $m^2$。云南省渔业经济损失953万元，水产养殖受灾面积7152亩，损失成鱼64.5吨、苗种70吨，损毁鱼池3430亩、生产用房6780 $m^2$。

(3)旅游业损失。四川省是中国拥有世界自然文化遗产和国家重点风景名胜区最多的省份，有都江堰、青城山、剑门蜀道、贡嘎山等9处国家重点风景名胜区。从高原、山地、峡谷到盆地、丘陵、平原，从江河湖泊到温泉瀑布，从岩溶地区到丹霞地貌，四川省一应俱全，素有"风景省"的美称。2007年，四川省旅游总收入达到1217.31亿元。一场突如其来的灾难让中国旅游资源大省四川遭遇了前所未有的考验。四川省旅游局长张谷2008年5月27日接受采访时透露，汶川地震已造成四川旅游业损失达624亿元，相当于去年四川省全年旅游总收入的一半。据四川省旅游局数据显示，在此次汶川地震中，四川省4000多个旅游景区被损坏了568个，累计损失达278.40亿元；四川省旅行社损失累计达2.83亿元，宾馆饭店损失达95.35亿元，旅游城镇接待设施损失99.14亿元。四川两处世界遗产地都江堰—青城山、大熊猫栖息地卧龙景区受到了严重的损坏，都江堰景区二王庙等大部分古建筑倒塌，通往卧龙景区的所有道路全部断裂受阻。还有很多景区在此次地震中受到了毁灭性的破坏，彭州银厂沟、什邡欢乐谷、平武猿王洞、北川小寨子沟和安县千佛山等景区可能已无法恢复。

四川省经委相关人士表示，此次地震给灾区带来的经济损失是巨大的，汶川地区的经济可能多年都不容易恢复起来。

防灾减灾基础设施遭到严重破坏，各类灾害观测用房、观测台站(观测井)、观测外线路、信息节点以及监测设备都遭到不同程度的破坏，给恢复重建受损设施设备，加强应急避难场所建设造成了困难。

### 3. 文化损失

四川地震重灾区大多数是文化资源富集、文化生态脆弱、文化基础薄弱、交通极其不便、经济发展滞后的民族地区、贫困山区和革命老区，大地震给全省灾区文化建设带来灾难性后果，给抗震救灾和灾后重建带来极大困难。

灾区民众心理的社会支撑体系和亲情网络遭到破坏,面对地震所造成的物质损失、亲人亡故以及随之而来的精神打击,人们恐震情绪增高。灾民自身往往难以从心理创伤中摆脱出来,从而形成普遍性的慢性心理障碍,其最极端的症状就是自杀,自2008年10月以来灾区接连发生的一系列自杀事件。因此,对灾区民众进行科学及时的心理疏导,营造一个健康积极的精神环境,是今后灾区发展的重要保障。

(四)间接经济损失

(1)社会财富灭失严重,生产能力下降。地震灾区经济发展的物质基础严重受损,生产能力下降,经济发展环境遭到破坏。由于基础设施大量损毁,交通不畅,信息不畅,物流阻塞,恶化了地区的投资环境。由地震引致的产业发展动力不足使得2008年四川省经济增长出现阶段性波动,全省一季度经济增长速度为14.5%,二季度急剧下降为4.6%,三季度恢复增长到10.1%,四季度为9.5%。重灾区阿坝州地区生产总值下降35.7%,绵竹市下降31.4%,什邡市下降31.3%。

(2)受灾企业生产经营困难,经济运行矛盾凸显。主要表现在企业亏损、企业停产、企业面临破产风险。

(五)环境破坏

地震导致山河改貌;土地资源受到破坏,灭失严重;森林覆盖率下降,生态环境遭到严重破坏。

汶川特大地震触发了大面积的滑坡、崩塌、堰塞湖、泥石流、地裂缝、地震陷坑和砂土液化。在地震瞬间,山动地摇,山河改貌。在汶川、理县、茂县、彭州、绵竹、北川、安县、平武等极震区出现大量山崩滑坡现象,一些山体整体滑入河谷,阻塞河道。

由于汶川特大地震引发了大规模的滑坡、泥石流、崩塌等地质灾害,使得地表覆盖遭到严重破坏,导致原有的林地、耕地和草地等土地受损或灭失,生态系统遭到破坏,进而影响生态功能和生态多样性的保护。主震区所处的龙门山区是四川省森林资源最为丰富的地区,由于大面积的山体滑坡、塌方,林地垮塌,灾区多年实施退耕还林、天然林保护的成果遭到严重破坏,震后全省森林覆盖率由30.7%下降为30.2%。同时,地震中有13处国家和省自然保护区受到不同程度破坏,占自然保护区总面积的55%,严重威胁着珍稀野生动植物的生存。

汶川地震导致地质灾害隐患点增多,继续形成滞后性的滑坡、崩塌、泥石流等灾害,在今后几年内将进入高度活跃期。灾区天气气候复杂,生态系统多样,自然环境脆弱,暴雨、洪涝等灾害易发高发。灾区病险水库数量多,严重影响工程度汛安全、供水安全和防洪安全。形成的堰塞湖存在潜在风险。灾区灾害形势依然严峻,威胁群众生命财产安全。

## 五、减灾经验和成效

汶川特大地震发生后,全国人民积极响应中央号召,举全国之力对地震灾区实施立体救援,凸现了地震巨灾紧急救援工作的艰巨性、复杂性和时效性。地震灾区山高路险、地形复杂,应急救援工作点多面广、任务艰巨,需要克服各种困难,确保信息畅通、政令统一、协调高效、工作到位。在中央、国务院的正确领导和科学决策下,灾区各级政府和各级抗震救灾指挥部科学组织各救援单位、非政府组织、志愿者和社会公众,有序高效地实施紧急救援行动。实践表明,

在中国地震局的积极推进下，我国地震应急救援工作的"一案三制"在各级政府层面得到了较好落实，地震应急救援管理体系和工作机制在应对汶川特大地震中发挥了有效作用。2008 年 5 月 18 日，温家宝主持召开国务院抗震救灾总指挥部会议，会议要求做好灾害评估，开展地震科学考察和专题研究，为保护群众生命安全和灾后重建提供科学依据。

此次抗震救灾，尽管工作难度很大，但由于行动迅速、组织周密、措施有力，在较短时间内取得了重大阶段性胜利。主要经验有以下五点。

(1)坚持以人为本的执政理念是做好抗震救灾工作的根本要求。在抗震救灾中，坚决贯彻落实中央指示精神，始终坚持把以人为本作为最高准则，把挽救人的生命作为重中之重，把保障群众基本生活作为重要任务，生动诠释了立党为公、执政为民的执政理念。从不惜一切代价抢救人民生命到妥善安排灾区群众临时生活，从做好救灾款物的采购调拨到规范救灾款物的管理使用，从落实因灾困难群众生活补助政策到做好"三孤"人员特殊安置，从开展部门对口援助到实现全方位立体支援，从搞好灾区商业服务到加强市场价格监控，从做好灾害损失评估到谋划灾后恢复重建，都是为了解决好灾区群众最直接、最现实、最紧迫的问题，都是为了实现、维护和发展好灾区群众的根本利益。只要急灾区人民所急、想灾区人民所想、帮灾区人民所需、解灾区人民所难，就一定能够取得抗震救灾的全面胜利。

(2)发挥科学技术的支撑作用是做好抗震救灾工作的重要前提。这次抗震救灾中，科技的应用进一步增强。民政部利用小型无人驾驶飞机及时获取北川震区航拍照片和影像资料；利用北斗定位系统对北川县对外交通路线进行实时定位，制作出行进路线图；启动国际空间信息减灾机制，从欧盟国家、美国、日本等获取大量灾区卫星影像，结合国产卫星数据，对灾区实时监测。国家减灾委、科技部成立抗震救灾专家组，组织上百名各领域专家开展应急技术研究。这些技术的运用和研究，有利于及时掌握第一手灾情、实施科学救援和开展灾后重建，提高抗震救灾工作效能。

(3)加大规章制度的建设力度是做好抗震救灾工作的重要基础。此次抗震救灾中，国务院颁布的《汶川地震灾后恢复重建条例》，成为我国地震灾后恢复重建工作纳入法制化轨道的重要标志。根据工作需要，各成员单位都及时制定了一系列政策措施，在灾民基本生活保障、救灾物资采购分配、救灾款物管理使用、社会捐赠等方面做出规范，使原来的规定更加明确、程序更加完善、政策更加有效，增强了灾害紧急救援能力。

(4)建立顺畅高效的管理体制是做好抗震救灾工作的组织保障。党政统一领导、部门分工负责、灾害分级管理的灾害管理体制，可充分发挥我国的政治和组织优势；灾害管理的部门协调机制、社会动员机制、信息共享机制和监督督察机制，可有效形成救灾工作的整体合力。国务院成立抗震救灾总指挥部，下设九个工作组；民政部发挥群众生活组的牵头部门作用，及时与成员单位沟通信息、协调工作；群众生活组各成员单位，全力以赴，履职尽责，高效发挥了职能作用；纪检、监察、审计部门全程跟踪监管救灾款物，提高了救灾款物的使用效益；人民解放军、武警部队和民兵预备役部队积极投入，发挥了突击队作用。顺畅高效的管理体制，保障了抗震救灾工作的有力有序有效进行。

(5)形成社会各界的整体合力是做好抗震救灾工作的力量源泉。"一方有难、八方支援"是中华民族的传统美德，也是战胜自然灾害的重要法宝。地震发生后，各有关单位及时组织开展抗震救灾捐赠活动，社会各界和各族群众，踊跃向灾区人民送温暖、献爱心。捐款捐物数额创历史之最，各类救灾款物源源不断运往灾区，承担生产任务的企业千方百计增加产量，民间救援力

量积极发挥作用，成千上万名志愿者活跃在抗震救灾现场。规模空前的生命大营救，历经险阻的千里大驰援，处处涌动的爱心大奉献，汇聚成抗震救灾的整体合力，使各项救灾工作进展迅速，受灾群众得到妥善安置。实践证明，只要全国人民团结一心、众志成城，社会各界精诚协作、同舟共济，就能克服各种艰难险阻，战胜各种自然灾害。

## 六、主要启示

### 1. 进一步提高我国应对巨灾的风险防范能力

随着全球气候变暖趋势日益显著，亚洲区域地壳运动相对活跃，我国面临的巨灾风险不断增加。要尽快落实 2005 年 12 月温家宝总理在第九次东盟与中日韩领导人会议上作出的关于在中国建立“亚洲区域巨灾研究中心”的承诺，抓紧完成《国家综合减灾“十一五”规划》所列重大项目“亚洲区域巨灾研究中心建设工程”的立项工作。同时，组建专业科研队伍并开展应对巨灾的研究工作，探索我国和亚洲地区巨灾发生机理，制定国家应对巨灾的方案。

### 2. 加强灾害科学研究，提高减灾科技支撑能力

《国务院关于进一步加强防震减灾工作的意见》[①]中指出，加强防震减灾工作，要以人为本，把人民群众的生命安全放在首位，坚持预防为主、防御与救助相结合，依靠科技，依靠法制，依靠群众，全面提高地震监测预报、灾害防御、应急救援能力，形成政府主导、军地协调、专群结合、全社会参与的防震减灾工作格局，最大限度减轻地震灾害损失，为社会发展创造良好条件。

(1)必须加强地震监测预测工作。国务院下发《国务院关于进一步加强防震减灾工作的意见》中，要求到 2020 年，力争作出有减灾实效的短期预报或临震预报。再次促使地震工作者必须树立雄心壮志，将地震预测预报作为防震减灾的首要工作加以重视。

(2)研究地震风险，划分风险区，指出危险地带，早日防范，以减少人员伤亡和减轻经济损失及对环境的破坏。基本建设必须以划分危险区与安全区为前导性工作。制定建设规划前，需要首先进行地震危险性、地质灾害危险性、洪涝灾害危险性及环境安全和资源承载力综合评估。严格防灾设防标准，医院、学校建议按高一度的标准设防。

自然灾变是自然界发展的必然现象，目前人类科学技术水平尚没有能力阻止重大灾变的发展。为了减少人的伤亡和财产损失，最佳的选择是在自然灾变区域危险性评价的基础上，使城镇和企业基建场地和经济高密度区规避灾变高风险区，寻找“安全岛”。大量实践证明，寻找“安全岛”是基本建设选址和构建安全人居环境最重要的工作。

(3)加强抗震设防。汶川地震再次表明，抗震设防能力不足是造成房屋大量倒塌的重要原因，因此建设工程必须按照抗震设防要求和抗震设计规范进行抗震设计，并按照抗震设计进行施工。对重大建设工程和可能发生次生灾害的建设工程，应当按照国务院有关规定进行地震安全性评价，并按照经审定的地震安全性评价报告所确定的抗震设防要求进行抗震设防。对学校、医院等人员密集场所的建设工程，应当按照高于当地房屋建筑的抗震设防要求进行设计施工，采取有效措施，增强抗震设防能力。只有确定科学合理的抗震设防要求，并按抗震设防要求和抗震设计规范进行严格的设计和施工，尽可能提高必要的抗震设防标准，才能保证建筑

① 据《国务院发布进一步加强防震减灾工作的意见》，地质勘查导报，2010 年 9 月 28 日.

物具备一定的抗御地震的能力。

(4)构建应急救援体系。汶川地震的应急启示我们，在通讯、交通濒于瘫痪的状态下，应急救援非常之艰难。要做到全方位的保障救助，在应急预案的总体框架下必须有超越常规的举措。在信息畅通保障方面，要尽快恢复和保持通讯、交通的畅通，确保灾区内外的信息沟通；利用遥感等现代技术确定重灾区的灾情状况，使救灾工作有的放矢。在救助力量保障方面，充分动员当地力量作为自救互救的主体；借助外部力量搜救，加强专业救援队、武警和部队等进驻搜救的力量，使受灾地区的党政军指挥机构、生命线工程单位、金融部门、教育卫生等机构得到先行救助；加大医疗卫生力量的施救储备和医疗卫生施救的力量，确保灾区的公共卫生安全和疾病预防。在物资供应保障方面，在建立运输油料、粮食、食品、药品等储备与供给体系的基础上，尽一切办法把食品、药品、帐篷、被服和饮用水等满足衣食住需求的急需物资运抵重灾区，保证受灾地区的市场稳定和物资供应稳定。在次生灾害防范保障方面，加强余震和次生灾害的监测和预警预报，科学处理滑坡、崩塌、泥石流等次生地质灾害。在恢复重建保障方面，加强对灾区民众有针对性的心理疏导，促进灾后心理创伤快速恢复；有力、有序、有效地开展地震灾后恢复重建工作。

(5)建设群测群防网络。推进地震宏观测报网、地震灾情速报网和地震知识宣传网建设，在地震多发区的乡镇设置防震减灾助理员，形成“横向到边、纵向到底”的“三网一员”群测群防网络体系，因地制宜地开展地下水、气体、动植物、气象气候等地震宏观异常观察，充分发挥群测群防在地震短临预报、灾情信息报告和普及地震知识中的重要作用。但从汶川地震的震前、震时、震后来认真思考，“三网一员”落实和推进不力的现状十分突出。因此，落实群测群防的工作机制，显然要有稳定的政策措施，要有稳定的工作队伍，要有稳定的经费保障。

同时，需要开展地震和防灾知识的宣传和普及，群众要掌握应对和防范措施，包括在现实生活中对宏观异常现象的识别，防震避震知识的掌握，自救互救常识的应用等都是非常必要和现实的。

(6)地震活动往往诱发出一系列次生灾变，如火灾、滑坡、泥石流、水灾、海啸、冻灾、疾病、瘟疫、饥荒等，形成地震灾变链。为此，需要进行多种自然灾害风险综合评估，编制灾害风险系列区划图，确定不同等级的危险区，确定工程设防标准，指导房屋、工程建设和重建及发展规划的制定。根据灾害风险评估和社会发展需求，科学规划，重建家园，治理环境，发展经济，实现可持续发展。

### 3. 加强灾害综合管理

为切实加强我国巨灾应对能力，提高国家综合防灾减灾水平，提出以下五点建议。

(1)建设综合减灾管理系统。减轻自然灾害主要是在顺应自然变化与社会经济发展规律的前提下，发挥人类社会的组织协调作用，运用技术、经济、法律、行政、教育等手段，扼制、削弱或回避灾害；削弱、限制、分流、疏导灾害载体；保护或转移受灾体，最大限度地减少灾害破坏损失。这些目标的实现，需要全社会协调行动。长期以来，一方面由政府包揽一切防灾救灾；另一方面我国处于分散的部门管理状态，只有在遇到大灾、巨灾时，才成立针对灾害事件的管理机构，像防汛指挥部、抗震指挥部等，这些机构的统一管理，在减灾工作中发挥了巨大的作用。为了有效地调动全社会力量进行减灾活动，组建从中央到地方，既有宏观管理，又能发挥地方、部门、企业、民众的积极性，建立以政府为核心的常设的自然灾害综合管理系统及社会应急系

统是非常必要的。

(2)进一步提高各级党政干部的灾害应急管理能力。做好灾害应急管理工作,控制灾害发展,避免进一步的损失,不仅是维护社会稳定和正常经济秩序的需要,也是树立党和政府权威、维护党和政府信誉和能力的重要方面。各级政府和相关部门应当建立灾害应急管理培训机制,通过定期培训,提高广大干部群众尤其是基层党员干部的应急管理水平和应对能力,在关键时刻能够做到决策科学,应对有序,带头做好各项抗灾救灾工作。

(3)进一步完善救灾物资储备体系。各级政府和相关部门要进一步加大救灾物资储备和储备库建设力度,明确中央和地方职责,保证救灾物资及时、足额调拨到位,为灾区救灾工作提供有力的物资保障。要增加救灾物资储备的种类和数量,加强救灾物资储备库建设,建立救灾物资的应急采购和动员机制,拓宽应急期间救灾物资供应渠道,做好应急期间救灾物资保障工作。

(4)进一步加大应急救灾关键装备研发和配备力度。汶川地震造成灾区大量建筑物损毁,人员伤亡惨重,被困人员数量巨大,前期抵达灾区现场的救援人员普遍缺乏有效救援工具,救援效率较低。建议国家加大大型应急救援装备的研发和采购力度,提高我国救灾工作装备保障水平和技术含量。

(5)进一步提高居民住房设防等级和抗灾能力。地震灾区大量房屋倒塌和损坏,是造成此次灾害人员伤亡的最主要和最直接原因。因此,要抓紧做好农村困难群众危房改造工作,提高城乡居民住房的抗灾能力。同时,注意提高学校、卫生院等公共设施的抗灾设防水平。

*4. 规范人类行为,保护生态环境*

人力是一把双刃剑,可以减灾也可以致灾。

几十年来,我国一方面坚持不懈地进行生态环境治理与防灾抗灾,另一方面伴随人口增长和社会经济发展,在许多地区过度开发或掠夺式利用水资源、土地资源、森林资源、草地资源,超过了资源承载能力,加上一些不合理的工程建设,不但加剧了水土流失,土地沙漠化、石漠化,以及泥石流、大风、沙尘暴等灾害,而且引发了日益严重的人为自然灾害。汶川特大地震损失巨大,次生灾害严重是重要原因。

因此,必须以科学发展观为指导,面对伴生与次生的各种灾害进行综合评估,规范人类行为,保护生态环境。在汶川这样的地区,加强小领域治理最为重要。鉴于汶川地区的环境条件,建议坚持退耕还林政策,减少农业和高精尖产业,扩大旅游业和养殖业,适度外迁人口。

## 第三节　1991 年孟加拉国热带气旋灾害解析[24-27]

### 一、概况

孟加拉国地处潮湿的热带地区,北倚喜马拉雅山脉,南临孟加拉湾,海岸呈漏斗状(图 3-6)。这一特殊地形不仅产生了其生命所系的季风气候,同时也孕育了形成台风、龙卷、雷暴和洪涝灾害的温床;加之孟加拉国地形平坦低洼,人口密度非常大,极端贫困,防灾能力差,因此自然灾害造成的后果特别严重。

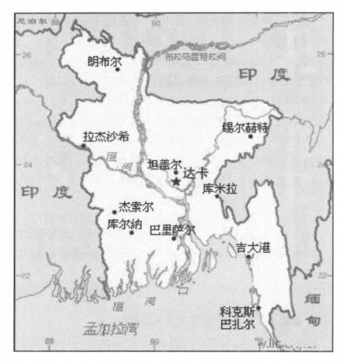



图 3-6 孟加拉湾地理图

1991 年 4 月 24 日 18 时北印度洋第 2 号热带低气压在 9.5°N，89.5°E 的孟加拉湾洋面上生成。25 日 6 时达到气旋性风暴强度，此后逐步发展加强，移向西北转向北再折向东北。29 日 12 时达到其峰值阶段，近中心最大风速 72 m/s。29 号晚在吉大港以北登陆，造成了孟加拉国近 20 年来最严重的风暴灾害。

据报道，有 13.8 万人丧生，100 万人无家可归，毁坏 150 万栋房屋、6700 所学校，超过 1 万 km的海堤被冲毁。南部地区的庄稼全部被洪水淹没，积水深达 2 m，2000 多个村庄被洪水所浸，在度假镇科克斯巴扎尔，风暴带来的巨浪几乎淹没了所有的房屋，许多渔船被冲到田间地头，吉大港的机场大楼和邻近的军事基地都被洪水冲垮，飞机全部被摧毁，港口、道路、通讯设备等基础设施遭到空前破坏，受灾人数为 1000 万，经济损失 30 亿美元。此外，热带气旋过后大面积的土壤被海水侵蚀，越来越多的农民失去土地，失业率上升；同时，该国最大的工业区吉大港和科克斯巴扎尔，这次旋风灾害迫使许多工厂关闭，失业问题加重，而且港湾、机场、道路、通信系统和堤防等基础设施遭到严重损害。除了直接损失外，也影响了今后企业的投资意向，经济领域内的长期影响令人忧郁。

## 二、致灾因素

### (一)自然因素

#### 1. 气象原因

1991 年 4 月 24 日 18 时，北印度洋第 2 号热带低气压在孟加拉湾生成后，由于位于高海

温(海面温度达 30℃)和弱的风垂直切变区,并处于对流层上层 200hPa 高压脊西侧的偏南气流下,这种形势非常有利于热带气旋的发展。从当时的卫星云图上显示,这个气旋具备低层流入和高层四个象限的辐散流出结构,流出层上有两条反气旋辐散流出通道,一条向极地,另一条向赤道。这些条件都促使热带气旋很快发展成强气旋性风暴,即在 4 月 25 日加强为强热带风暴;而后不断发展加强,从 28 日 12 时到 29 日 12 时,中心风速从 48 m/s 增加到 72 m/s。当风暴发展到最强时,离孟加拉国海岸约为 220 km,8 小时后登上陆地,强度稍有减弱,但仍维持 70 m/s 的中心风速(风力在 12 级以上),阵风 85 m/s。这样的强度在登陆台风中属罕见。同时,其尺度超过孟加拉国长度的 2 倍,台风中心的密蔽云区直径超过 600 km。如此强的热带风暴使该国洪水暴发,海岸决堤,孟加拉国 64 个县中的 16 个县沦为灾区。

2. 天文因素

1991 年 4 月 29 日这天恰为农历十五,正值天文大潮时刻。风暴潮与天文潮的高潮叠加,造成海潮水位异常上涨,潮汐水位高于 6 m,致使海水倒灌,汹涌而来的洪水使人无路可逃。

(二)人为因素

1. 孟加拉国经济实力较弱,无力营建高强度的海防工程

孟加拉国防洪标准低,海堤很矮,已有的海堤也是为防止正常潮位时海水侵入而设计的 1～2 m 高的土堤,在大潮冲击下纷纷溃决,更何况并非所有沿海都有海堤保护。另外,由于泥沙淤积,近 20 年来有的地方新海岸线已经离原有的堤坝 8～16 km,近海也有许多新生的沙洲,在原有海堤之外的地带,现已有成千上万人生活居住,面对天灾无法抗拒。孟加拉国被人称为"河塘之国",全国大小河流 230 多条、约 60 万个水塘,可水利设施差,洪水未得到治理,经常暴发的洪水造成了巨大灾难。

2. 孟加拉湾沿岸植被破坏较为严重,森林蓄水、防洪的能力减弱

孟加拉国境内的恒河、布拉马普特拉河和梅格纳河三大水系上游的森林被砍伐,植被受破坏,造成严重水土流失。这三条大河每年从上游带来约 24 亿吨的泥沙,造成河床堵塞,大大降低了内陆地区的泄洪能力,导致洪水泛滥。

3. 预警系统不健全,避难场所严重不足

虽然 1970 年安装了天气雷达,1982 年春世界气象组织又为其配备了一套泰罗斯卫星的接收和图像处理系统,但由于没有一套完整的气象服务网,即使有最正确的预报,这些警报也无法及时地传送到面临危险的具体用户手中。孟加拉国的穷人连收音机都买不起,根本听不到警报,即使听到了警报因缺乏交通工具也无法安全撤离,因此无法减少死亡的人数。

同时,当地人民绝大多数住的是芦棚、茅舍、土屋,高潮汹涌而来全部被冲毁。近十几年来,已建设了 260 多所台风庇护所,这是一种 2～3 层的楼房,建筑在许多根 2～3 m 高的混凝土柱上,每一栋至少可救 1000 人,但这种庇护所太少,相距过远,杯水车薪,在 1991 年台风灾害中于全局无补。

4. 消极应对灾害的心理

在 1991 年台风登陆前 3～4 天,孟加拉国气象部门已通过报纸、电台、电视不断向公众发

布台风消息，港口悬挂了 11 种台风警报信号中的第 10 号，警告人们将有极大灾害逼近。有些人接到警报但不愿意离开家园丢下财产而躲避到安全的地方去，有些人不相信风暴来临的严重性，还有些人经历过热带风暴天气并产生了虚假的安全感，或者有些人听任上帝摆布等。这与孟加拉国台风预报准确率不高有关，1970 年以来已经发布过几次特大风暴潮灾害警报，但后来没有出现，因此造成了部分民众心理上的轻视。

5. 灾后救援不力

灾害发生以后，救援速度缓慢，使得死亡人数猛增，有许多人死于饥饿与疾病。受灾地区为 20 多个岛屿，国内救援人员是 5 月 3 日才到达 3 个人口较多的岛屿，其他国家的救援人员与物资大都是一星期后才抵达的。

## 三、成灾环境

### (一)热带季风气候

孟加拉国地处潮湿的热带地区，属于典型的热带季风气候。一年分为热季(4—5 月)、雨季(6—9 月)和干季(10 月至次年 3 月)，其中每年的 4—5 月和 10—11 月份是孟拉加国季风的转换期。4—5 月(季风前)西南季风尚未来临，气温很高，月平均气温最高可达 40.5℃，东南部的吉大港也可达 38℃；降水很少；10—11 月(季风后)干燥而较凉的东北季风逐步盛行，气温仍然较高。这两个时段内孟加拉国热带风暴活动频繁，狂风暴雨袭击着这个国家，1970 年和 1991 年孟加拉国两次特大风暴潮灾害就是分别发生在 11 月和 4 月。而每年 6—9 月份强劲的西南季风从印度洋袭来，但由于高层有强东风存在，风在垂直方向变化很大，因而很少有热带气旋发生，这与西北太平洋台风集中于夏季(6—10 月)的特征截然不同。这个时段降水集中、丰富，占全年降水量的 80%，使南亚大陆进入雨季洪泛期，孟拉加国全国 80%的降水量集中在此期间，常出现洪涝灾害。

### (二)地形、地貌条件

孟加拉国屡受热带气旋灾害，与其国内特殊地形条件有很大关系。孟加拉国地处孟加拉湾喇叭口地形的北端，海岸线呈漏斗形面向孟加拉湾，风暴潮不易分散而聚集在恒河口附近，形成强烈的潮水，加之这里地势平坦开阔，河渠遍布，85%的地区为低平的冲积平原，平均海拔只有 1～1.5 m，因而当海潮登陆时，无所阻拦，长驱直入，使该国的风暴潮灾害特别的频繁和严重。同时，孟加拉国东部为山地，北靠世界屋脊喜马拉雅山脉，高原地形的阻挡作用加强了气流的辐合，加上地形的强迫抬升，使得降水增幅，形成暴雨中心，引起山洪暴发，进一步加重了台风伴有的暴雨灾害。

### (三)水文条件

孟加拉国也是世界上河网最稠密的国家之一。孟加拉国境内有恒河、布拉马普特拉河和梅格纳河三大水系，而且孟加拉国绝大部分地区处于三大水系的下游。这些河流的上游森林被砍伐，植被受破坏，造成严重水土流失。这三条大河每年从上游带来约 24 亿吨的泥沙，造成河床堵塞，洪水泛滥，地势低平的内陆地区又无处泄洪，厘米以上的降水已能造成平坦地区的

洪涝，骤降的暴雨与涌入内陆的大海潮使之变成"泽国"。

此外，由于台风在 4 月 29 日夜晚登陆，人们大多处于睡梦之中，自救和互救行为能力较差，这也在一定程度上加大了人员的伤亡。

### （四）社会条件

孟加拉是世界上最不发达的地区，社会制度落后，人口稠密，经济基础极其薄弱，抗灾能力很差；人民极端贫困，缺乏文化，极大地加重了自然灾害造成的损失。

孟加拉国是世界人口密度最高的国家之一。据 2003 年世界银行统计数据，孟加拉国有 1.38 亿人口，其中大部分生活在人口稠密的农村和农业区。其国土面积为 147570 $km^2$，只相当于我国辽宁省的面积（约 145700 $km^2$），人口密度 1023 人/$km^2$（2010 年联合国统计数据），人口出生率高为 1.74%，高于死亡率（0.51%）约 1.2 个百分点。同时，孟加拉国是世界 50 个最不发达国家之一，人民生活十分贫困，经济基础薄弱，资源贫乏，生产力水平落后，人口整体素质低下。经济以农业为主，工业落后，约 80%的人口生活在农村，农业产值占国民生产总值的 55%。据世界银行统计，孟加拉国尚有约 50%的人口生活在贫困线以下，其中 34%的人口生活在极贫线以下。各级政府腐败现象严重。

为了减轻自然灾害造成的损失，孟加拉国政府曾多次做过努力，但是由于国家过于贫困，无力在抗灾、防灾方面投入大量的人力和物力，因而收效甚微。在过去的 20 年间，国际社会向孟加拉国提供的抗灾、防灾专款超过了 100 亿美元，其他经济发展援助或提供的贷款达 270 亿美元，可惜这些资金未能解决防灾抗灾的根本问题。

## 四、灾害损失和社会影响

### （一）死亡人数

孟加拉国政府估计死亡总数为 13.8 万人，几乎全是死于风暴潮。据事后调查估计死亡 20 万人，占受灾地区总人口（约 280 万人）的 8%。死亡比例在不同地区是很不相同的。没有堤防的岛上约为 40%～50%，有堤防的岛为 30%～50%，大陆沿岸地带为 20%～30%，城市和工业区则极小。大陆和岛屿上濒临海边直接暴露于浪潮的狭窄地带的几个村庄中，死亡率高达 70%～80%，稍有堤防的村庄就减少到 30%～35%，离海岸 6～8 km 远的地方死亡率在 5%以下。据一个人口稠密岛屿的估计，死亡人口中儿童占 50%，妇女占 25%，老人占 15%，成年人占 10%，尸体中 85%是妇女儿童。

### （二）农业损失

水稻受损最重，未收获的庄稼、已收割的稻米和种子都被冲走。在一个受台风直接侵袭地区的 19.3 万公顷水稻田中损失稻谷 245660 吨，损失率高达 78.6%，在土壤排除盐分之前，农业生产无法进行。渔民损失严重，死的最多；陆地池塘养殖的淡水鱼虾 100%被冲走或死去，70%的渔船渔网被毁。根据一个地区的统计，家禽家畜死亡的比例为家禽 90%，绵羊 80%，山羊 80%，母牛 60%，水牛 50%。

### （三）工业损失

吉大港市及另一城市共有 2 万家工业企业，工人 27 万人（占全国 9%）；总资产 6660 亿塔

卡(孟加拉货币)，生产值 1428 亿塔卡。台风造成总损失约 1580 亿塔卡，工业停产 22 天。吉大港市的电讯严重破坏，与达卡电话联系中断约 1 个月，供电中断 3 天，港口船舶与海军舰船几乎全部被毁。

(四)土壤和水

风暴潮使大量海水侵入内地，低洼处和池塘因海水长期涝渍，影响更为严重。海水淹过后，大范围土壤盐碱化严重，有的地方新长出的草都不是绿色的。池塘的底土也有盐分，加上腐叶、动物和人的尸体掉入池塘，池水不再适于人类饮用。

(五)对各阶层结构的影响

灾害虽然遍及社会各阶层，但其影响是不均衡的。有二层坚固住房的人将仍然是统治阶层，高利贷者大受其益，依赖土地和制盐业的上层人士将降低其地位和影响，中等阶层数量将减少，下层阶层和工资劳动者将更加贫困化，总之各阶层之间的不均衡更为显著。

## 五、主要启示

孟加拉现代研究中心(BASC)在灾后立即组织大批人员和专家对海岸地区和岛屿进行大规模现场调查，从自然科学、技术和社会学三方面对台风的环境影响作了评估，并提出了以下七点减灾措施和建议。

(1)建造合乎标准的海堤，要求堤高 3～4.5 m，向水的一面应砌以卵石层，堤顶应铺砖石，以保持坏天气时较好的通行。兴修水利工程是减少洪涝灾害的最主要措施。

(2)在陆上挖掘与海岸线平行的沟渠和运河，沿岸种植多层次的树木和红树林，以消耗波能和挡潮。

(3)尽可能多地建设台风庇护所。因沿海和岛屿居民多达 1000 万人，故至少应建 1 万所以上台风庇护所。考虑到造价昂贵(每所约需 200 万塔卡)，它应具有多种功能，平时作为学校、社区中心、清真寺，台风和洪水或灾时作为庇护所。

(4)储存必要的生活急需品，如粮食、清水、药品、衣服等，供紧急时使用。

(5)灾后当务之急是医疗、救护、食品和水、土的脱盐。

(6)加强政府机构、军队、地方当局和非政府组织在救灾中的协作。1991 年潮灾后，有 92 个国际的和 49 个国内的非政府组织进行了卓有成效的减灾工作。例如，红新月会已建有 62 个台风庇护所．计划到 1995 年建成 500 个。台风成灾后，红新月会设立了 100 个救助中心，每个中心可救助 600 家约 3000 人，按每人每天定额(350 g 大米，60 g 扁豆，30 g 油)发给，为期 1 个月。每个中心还有 2 名医生、2 名护理人员进行医疗。

(7)加强对公众的防灾、抗灾、减灾、救灾等科学知识教育。

# 第四章　亚洲巨灾事件时空分布特征解析

## 第一节　亚洲巨灾事件时空分布规律解析

### 一、亚洲巨灾事件空间分布规律初步解析

(一)亚洲巨灾事件多发区的初步划分

根据调查研究(见(彩)图 4-1),亚洲主要巨灾多发区有 4 个:东亚巨灾事件多发区、南亚巨灾事件多发区、中纬度巨灾事件多发区和中东巨灾事件多发区。

1. 东亚巨灾事件多发区

该区走向北东,包括日本—菲律宾列岛及朝鲜、韩国和中国东部滨海地带。该区是西太平洋构造带最强烈的地带,海陆交接,来自海上的影响最大,天气变化复杂剧烈,是地震灾害、气象灾害、洪涝灾害、海洋灾害、地质灾害最多的地区。由于该区人口众多、经济发达,是巨灾事件多发区。已经发生的死亡人口超过 10 万人或经济损失超过 10 亿美元的巨灾事件有:

1852 年中国河南洪涝灾害,死亡 10 万人。

1887 年中国河南、陕西洪涝灾害,死亡 90 万人。

1905 年中国广东干旱灾害,死亡 10 万人。

1905 年中国山东干旱灾害,死亡 50 万人。

1911 年中国安徽、江苏洪涝灾害,死亡 80 万人。

1915 年中国广东珠江洪涝灾害,死亡 10 万人

1923 年 9 月 10 日日本东京 8.2 级地震灾害,死亡 14.28 万人,损失 28 亿美元。

1931 年中国江淮流域安徽、湖北等 16 省 659 县洪涝灾害,死亡 40 万人。

1932 年中国吉林洪涝灾害,死亡 60 万人。

1935 年中国长江流域湖北、湖南洪涝灾害,死亡 14.2 万人。

1938 年中国河南、安徽洪涝灾害(人为炸堤),死亡 89 万人。

1943 年中国广东干旱灾害,死亡 300 万人以上。

1975 年中国河南洪涝灾害,死亡 3.2 万人,损失 66 亿美元。

1976 年 7 月 28 日中国河北唐山 7.8 级地震灾害,死亡 24.2 万人,损失 60 亿美元。

1981 年 8 月 20 日日本塞德台风灾害,死亡 0.004 万人,损失 130 亿美元。

1991 年中国长江流域洪涝灾害,死亡 0.1 万人,损失 94.1 亿美元。

1991 年 9 月 26—28 日日本 9119 号台风灾害,死亡 62 人,损失 46 亿美元。

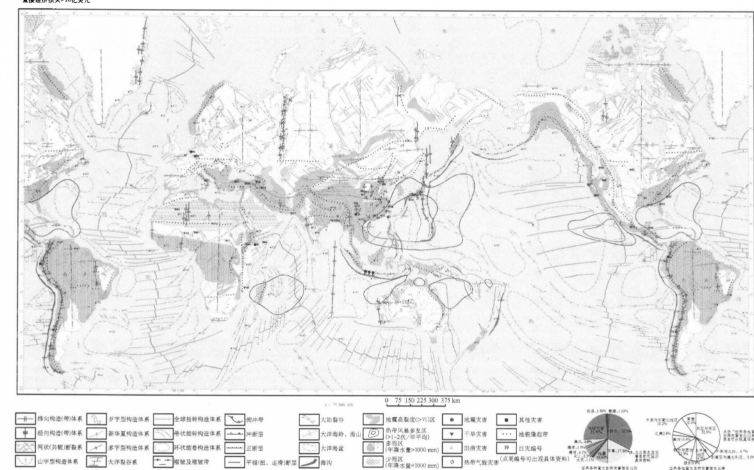



图4-1　全球构造体系与20世纪重大自然灾害分布图

1994 年 8 月 21 日中国浙江等省台风灾害,死亡 0.1 万人,损失 31 亿美元。
1995 年 1 月 17 日日本阪神兵库 7.2 级地震灾害,死亡 0.54 万人,损失 1000 亿美元。
1997 年 8 月中国浙江、福建、江苏、山东等省台风灾害,损失 60 亿美元。
1999 年 9 月 20 日中国台湾南投 7.6 级地震灾害,死亡 0.24 万人,损失 92 亿美元。

2. 南亚巨灾事件多发区

南亚巨灾事件多发区包括中国青藏地区和巴基斯坦、印度北部、孟加拉、缅甸、马来西亚、印度尼西亚等国。受青藏歹字型构造控制,构造强烈,是印度洋与亚洲大陆交汇部位,来自海上的影响大,天气变化复杂,是地震灾害、地质灾害、热带气旋、洪涝灾害、干旱灾害多发区。由于许多地区人口众多,减灾能力较低,往往形成巨灾。已经发生的巨灾事件有:
1937 年印度加尔各答飓风、洪涝灾害,死亡 30 万人。
1943—1944 年,孟加拉洪涝饥荒灾害,死亡 350 万人。
1953 年 2 月印度尼西亚森林大火灾害,损失 60 亿美元。
1966 年印度干旱灾害,死亡 100 万人以上。
1970 年 11 月 12 日,巴基斯坦东部热带风暴灾害,死亡 20 万人。
1971 年 8 月 17 日,越南洪涝灾害,死亡 10 万人。
1987—1988 年印度古吉特拉邦、旁遮普邦干旱灾害,死亡 150 万人,损失 11.3 亿美元。
1990 年 6 月 21 日伊朗西北部 7.3 级地震灾害,死亡 5 万人,损失 80 亿美元。
1991 年 4 月 29 日,孟加拉吉大港台风风暴潮灾害,死亡 13.8 万人,损失 30 亿美元。
1997 年 10 月印度尼西亚森林大火灾害,损失 60 亿美元。
1998 年 10 月印度尼西亚森林大火灾害,损失 300 亿美元。

3. 中纬度巨灾事件多发区

大约在 20°—40°N 之间,为一纬向构造十分强烈的地带。该带恰好位于地球临界纬度左近,气候变化最大,因此是气象灾害和地震灾害、地质灾害最严重的地区。在人口比较密集、经济比较发达的中国东部和中东部分地区,便可能形成巨灾事件。已经发生的巨灾事件有:
1920 年中国华北、西北 317 个县干旱灾害,死亡 50 万人。
1923—1925 年中国四川叙永、小金等县干旱灾害,死亡 10 万人以上。
1923 年 4 月中国云南低温饥荒灾害,死亡 15 万人。
1931 年中国江淮流域安徽、湖北等 16 省 659 县洪涝灾害,死亡 40 万人。
1935 年中国长江流域湖北、湖南洪涝灾害,死亡 14.2 万人。
1954 年中国长江流域洪涝灾害,死亡 3.3 万人,损失 30 亿美元。
1990 年 6 月 21 日伊朗西北部 7.3 级地震灾害,死亡 5 万人,损失 80 亿美元。
1991 年中国长江流域洪涝灾害,死亡 0.1 万人,损失 94.1 亿美元。
1998 年中国长江流域及松花江流域洪涝灾害,死亡 0.15 万人,损失 290 亿美元。

4. 中东巨灾事件多发区

这一走向北东的地带,是一受北东向构造控制的活动地区,地震灾害严重,也是亚洲最干旱的地区。由于这一地区,包括沙特阿拉伯、伊拉克、伊朗、阿富汗、哈萨克等油气资源特别丰富,如果发生巨大灾变,有可能发生巨灾事件。已经发生的巨灾事件是 1999 年土耳其伊兹米

特7.4级地震灾害，死亡1.5万人，损失130亿美元。

### （二）亚洲巨灾事件多发区形成原因初步分析

初步估计，亚洲巨灾事件发生数目约占世界巨灾的30%，死亡人数约占世界的50%以上。其中，影响最大的灾害是地震、热带气旋、洪水和干旱，都是社会影响大而深远的灾害，因此亚洲是世界巨灾事件的多发区。亚洲巨灾的严重性与亚洲所处的自然环境是分不开的。

亚洲处于世界最大的地中海—喜马拉雅地震带和环太平洋地震带交汇部位，强烈的地震带影响南亚、东南亚、中国和环太平洋诸国。

亚洲大部分国家共同受着极地高压、蒙古气旋、西风带、西太平洋副热带高压、赤道东风带、南海高压等天气系统和北太平洋海洋环流及厄尔尼诺现象和拉尼娜现象的共同控制。天气多变，是世界热带气旋、干旱、洪涝灾害最严重的地区。

热带气旋发生于西太平洋。热带气旋的平均路径在菲律宾一带往往分为两支，一支环太平洋西岸向北，然后再向东北移动，影响中国、韩国、日本；另一支从南海向西移动，影响亚洲南部大部分国家。

洪水分布范围与热带气旋影响的范围基本一致。中国和东亚、南亚诸国是蒙受洪水灾害最深重的国家。

旱灾的影响不只在中国、北亚、西亚，受厄尔尼诺的影响，东南亚各国及印度也是旱灾严重的国家。

自然灾害的发生和影响是不分国界的。亚洲各国由于自然环境的联系性，常常遭受共同的灾害或灾害链影响。

## 二、亚洲巨灾事件时间分布规律初步解析

巨灾事件形成的首要条件是发生巨大的灾变，其原因除了构造运动、岩浆活动、海水进退、气候变迁外，还有地球的运动、太阳的活动以及其他天体活动的影响。由于它们的活动往往具有多种尺度的周期性或准周期性，使得自然灾害也常常呈现周期性或准周期性活动的特点。古生代以来，重要的造山运动有加里东期、海西期、印支期、燕山期、喜马拉雅期，每一期又可分为若干幕。伴随着每一次造山运动，都周期性地出现了岩浆活动、构造活动、板块运动、海水进退、气候变化、生物演化等，且有着明显的同步性。近2000年的地象研究，也反映出地震、火山、气温、海啸和洪水具有同步变化之特征。进一步工作发现，地球水圈中海水进退是周期性的，洋流有周期性的加强与减弱，海水的pH值也有周期性变化。在大气圈中，气候的变化是周期性的。在生物圈中，生物的发展有周期性。在地球物理场中，也有周期性的变化……。这是一个非常复杂的问题，其内容已远远超出课题的研究范围，有关具体内容将在“专著”中予以论述。

综合研究得知，所有这些变化主要是由地球运动、太阳活动、地壳运动等周期性或准周期性运动和变化引起的，因此成为巨灾事件活动时间的主要影响因子。亚洲大地构造、海洋环境、气候系统具有及其接近的相似性和共性，因此中国巨灾活动时期，也往往是亚洲巨灾活动时期。

巨灾事件是偶发事件，往往具有时间与地域的局限性，但是一旦发生，对毗邻地区甚至相邻国家，都将会造成巨大的灾难性影响。因此，研究亚洲巨灾事件的时间活动规律，完全可以

中国为样本。

初步研究认为，公元前 200—100 年（即战国—秦汉初期）、公元 400—500 年（即南北朝时期）、公元 900—1100 年（即五代十国至宋初时期）、公元 1600—1700 年（即明末清初时期）等都是气候寒冷、干旱严重、地震活跃的巨灾灾害期，是我国北方沙漠化发展时期，巨大的灾害使人民遭受巨大损失，社会动荡，战乱不息。例如，1600—1700 年是我国历史上的低温时期，连年大旱，遍及西北、华北、华东、中南、西南等地区，1665—1709 年华北出现 8 级和 8 级以上地震 3 次、7～8 级地震 2 次、6～7 级地震 3 次，长城外的森林消亡，变成沙荒，此外台风、蝗灾、瘟疫都很严重，民不聊生，终于导致了明末农民起义。

各类自然灾害往往在某些时段相对集中或出现群发的局面，称为灾害群发期，常造成巨灾事件。初步研究认为，近 500 年地震有两个明显的活跃期，即 1480—1720 年和 1880 年至今。根据对气候的研究，这一时段也存在两个干旱期，即 1479—1691 年和 1891 年至今。这两个时期即为巨灾事件多发期。

一个灾害期中又包含若干时间尺度较短的灾害幕，如 1895—1912 年、1920—1934 年、1945—1957 年、1965—1978 年、1988 年至今，都是多灾频发的时段。

自然灾变的韵律性起因于地球诸圈层运动变化韵律的同步性，因此是地壳运动的统一性造成了各种自然灾变在时间上的联系性。

众所周知，地质历史时期每一场地壳运动不仅在岩石圈中形成了显著的构造形迹，导致岩浆活动，同时还引起海水进退、气候剧变和生物界飞跃发展。根据地质考察、历史记录和现代观测，发现地壳的活动、海水涨落、气候变化、生物发展等，共同存在着日、月、年、5～6 年、11 年、22 年、35 年、90 年以及尺度更大的周期变化。因此，由这些自然变化所导致的自然灾变也存在共同的韵律性。

现在世界已面临一个灾害频发、环境问题严重的灾害时期，这是地球运动和自然环境演变的客观规律，人类必须面对现实，谋求对策。亚洲不仅致灾因素严重，而且减灾能力较低，有些地区人口又特别集中，最易发生巨灾事件。但是，人类的力量是不可能全部消除自然灾害和对自然环境按人的意志进行根本改造的，只能在顺乎自然规律的前提下，调动人类的所有力量去减轻灾害、保护环境、改善环境，谋求人类的发展。因此，亚洲各国联合与共同面对巨灾事件是十分重要的。

## 第二节　亚洲地震巨灾事件分布特征解析

### 一、亚洲地震巨灾事件的空间分布特征解析

初步研究认为，亚洲地震巨灾事件的分布受板块边缘构造带、活动性构造体系、自然地理、人口密度大和财富集中等条件的控制。

#### （一）板块边缘构造带的控制

亚洲地震灾害主要分布在环太平洋地震带和地中海—喜马拉雅地震带，这些地区断层发育密集（图 4-1，图 4-2，图 4-3，表 4-1），因此成为世界上地震最活跃的地带。亚洲地震巨灾事件也是分布于这两个地震带上。

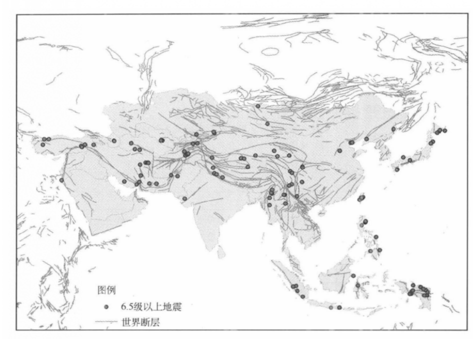



图 4-2　1970 年以来亚洲 6.5 级以上地震分布和地质构造图

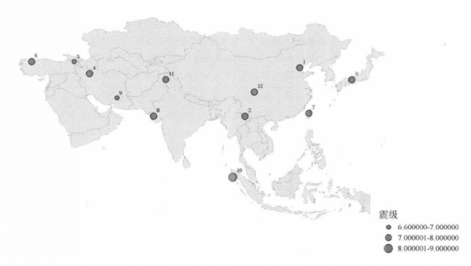



图 4-3　1970 年以来亚洲地震巨灾分布图

（注：1—1976 年 7 月中国河北唐山 7.8 级地震，2—1988 年 11 月云南耿马 7.6 级地震，3—1988 年 12 月亚美尼亚斯皮塔克 6.8 级地震，4—1990 年 6 月伊朗拉什特 7.7 级地震，5—1995 年 1 月日本阪神 7.2 级地震，6—1999 年 8 月土耳其伊兹米特 7.6 级地震，7—1999 年 9 月台湾集集 7.3 级地震，8—2001 年 1 月印度古吉拉特 7.7 级地震，9—2003 年 12 月伊朗巴姆 6.6 级地震，10—2004 年 12 月印度尼西亚苏门答腊 9.0 级地震，11—2005 年 10 月巴基斯坦巴控克什米尔 7.6 级地震，12—2008 年 5 月中国汶川 8.0 级地震）

从构造成因上看，这两个地带皆处于板缘地震带。统计表明，地震巨灾中主要以板缘地震为主（表 4-1）。

**表 4-1　地震巨灾的地震类型一览表**

| 地震名称 | 地震类型（从构造成因上分） | 文献描述 |
|---|---|---|
| 宁夏海原地震 | 板内地震 | 海原大地震的发生既与延至软流层顶部的近北南向和近东西向的构造有关，也与软流层的物质活动有关。板内地震 |
| 日本关东地震 | 板缘地震 | 上下垂直型的地震，板缘地震，环太平洋地震带 |
| 唐山地震 | 板内地震 | |
| 阪神地震 | 板缘地震 | 城市直下型大地震 |
| 伊兹米特地震 | 板缘地震（陆陆） | 构造地震。发生在（陆陆）板块间。这次地震发生在北安纳托利亚断裂带西段的北支。该断裂带东起卡尔勒奥尔，西至马尔马拉海，沿大体与黑海海岸线平行的方向横贯土耳其北部，全长 1000 余千米。它是土耳其南部的非洲板块、东部的阿拉伯板块向北移动与北面的欧亚板块碰撞的结果 |
| 台湾集集地震 | 板缘地震 | 在欧亚大陆板块与菲律宾海板块挤压冲突、地震带极为活跃的背景下发生地震的。英国地质调查学会称这次地震为“抽离式”地震，日本学者称之为“内陆垂直型”地震。内陆直下型 |
| 印度古吉拉特邦地震 | 板缘地震（陆陆） | 这次地震发生在陆地板块碰撞带的边界上，其南侧是印度板块，北侧是欧亚板块，西部与阿拉伯板块犄角相邻。大的板块构造背景与环太平洋地震带完全不同，与我国华北地区的板内地震的构造背景也不相同。从世界几大地震带的分布来看，该地震位于欧亚地震带的南部边缘，应当属于欧亚地震带。此次地震属于陆陆板块边界处的板缘地震，发生于两个大陆板块相互积压的印度板块一侧，震源深度很浅，只有 22 km，因而地震的破坏性极大 |
| 伊朗巴姆地震 | 板内地震 | 从地质构造方面来看，这次地震发生在克尔曼活动断裂带上，该断裂带由 2 条右旋走滑活动断裂组成，其中克尔曼活动断裂走向北北西，长约 350 km；塔巴斯活动断裂走向近南北，长约 400 km，二者在巴姆附近交汇后继续向南延伸。二者与震源机制结果中的节面Ⅱ一致，因此节面Ⅱ为发震断层面 |
| 印度洋地震海啸 | 板缘地震 | 震源错动方式：断层面走向 129°，倾角 83°，滑动方向和水平面倾角 87°（Harvard 大学震源机制解，表明断层两盘几乎是垂直相互运动的）。印尼地震发生在印度板块和欧亚板块的边界，从地质构造上，通过安达曼岛弧和缅甸的 SAGA—ING 断层与中国西南的川滇地震带密切相关 |
| 巴基斯坦地震 | 板缘地震 | 构造地震。这次地震是东西长 2400 km 的喜马拉雅地震带与向北移动的印度板块发生碰撞所致 |
| 汶川地震 | 板内地震 | 在青藏高原隆起和南东挤出的影响下，马尔康块体向南东方向运动，龙门山断裂带西南断走向与块体的运动方向接近垂直，因而阻挡了马尔康块体东南运动产生挤压力，当挤压力积累到足够冲破障碍体时，强地震发生 |

（二）活动性构造体系的控制

震中的分布受活动性构造体系控制。从图 4-4 可以看出，纬向构造体系、经向构造体系、旋扭构造体系、棋盘格式构造体系、新华夏系、河西系、歹字型等构造体系，对中国地震的分布和地震分区起了一定的控制作用。在全球地震分布图上也可看出纬向构造、经向构造、扭动构

造、弧形构造对地震分布的控制作用(图 4-1)。

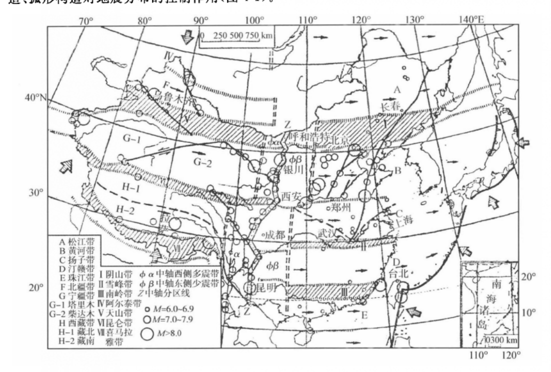



图 4-4　中国大陆地震分区

## (三)自然地理条件的控制

地震巨灾事件所处的地理位置多是场地条件较差的地区。其中,以平原与丘陵和山地的边界分布为主,这些地区往往是活断层的分布区,而对于多山的国家而言,这些地区往往是自然资源如矿产资源、旅游资源、水力资源比较丰富的地区,因此是人口集中分布的地区,一旦大地震发生,往往会造成巨大灾害。其次是冲积平原、海滨地带,这些地区场地条件比较松软,很多地区是填海筑地,地表破坏严重。此外,还有黄土地区,场地条件也是质地疏松,地表破坏严重(表 4-2)。

表 4-2　地震巨灾的自然地理环境一览表

| 地震名称 | 自然地理环境 |
|---|---|
| 宁夏海原地震 | 黄土地貌<br>震区处于黄土高原的最西部,由于黄土质地疏松,沟壑纵横,在震动之下极易形成滑坡 |
| 唐山地震 | 冲积平原 |
| 印度地震(三次) | 震中位于典型的高原农村地区,偏僻的高原地区 |
| 阪神地震 | 海湾城市<br>许多建筑物地基是松软的冲积层砂土。东部海岸附近的填筑地 |
| 伊兹米特地震 | 活断层和软弱地基<br>土耳其受地质和气候环境的影响,极易发生各种自然灾害,其中地震灾害占自然灾害总数的 2/3 |

续表

| 地震名称 | 自然地理环境 |
|---|---|
| 台湾集集地震 | 从地形上看，车笼埔断层沿着台中县、南投县的平原与丘陵和山地的边界分布，在丰原及名间之间大体南北走向，全长超过 50 km。与这样大的变位无关，地表地震断层附近较大的破坏仅限于断层崖上狭小的区域，让人感到十分吃惊，感到这种现象是这次地震机制的特征。此外，不局限于断层上盘或下盘，地基条件不好的场所与不适合建筑的构造重合之时，其结果均出现严重的破坏。为此，需要重新认识地震前的地基调查、建筑物的设计及施工过程的重要 |
| 印度古吉拉特邦 | 山区 |
| 印度洋地震海啸 | 印度洋 |
| 巴基斯坦地震 | 位于高山峡谷地区 |
| 汶川地震 | 山区 |

## （四）人口密度大和财富集中

1970 年以来，有近 80％的地震巨灾事件都发生在人口密集区（＞100 人/$km^2$），而其中发生在人口高度密集区（＞200 人/$km^2$）和财富集中的地区的地震占地震巨灾事件的 55％（（彩）图 4-5，图 4-6，（彩）图 4-7，表 4-3）。

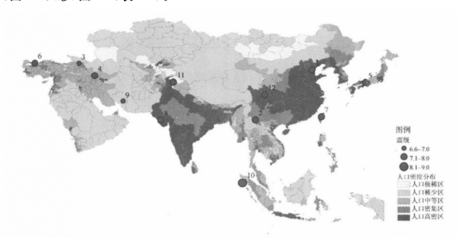



图 4-5　1970 年以来亚洲地震巨灾与人口密度分布

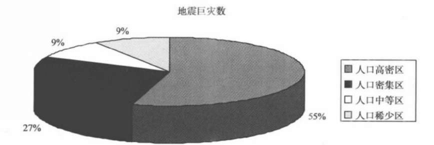



图 4-6　人口密度和地震巨灾事件的关系

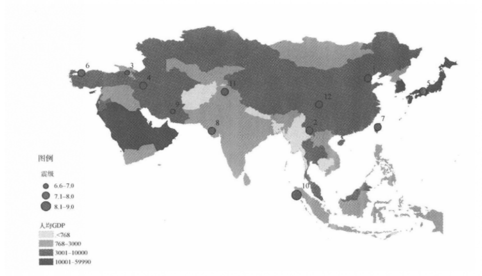



图 4-7　1970 年以来亚洲地震巨灾与人均 GDP 分布图

（注：根据人均 GDP 划分，人均 GDP＞10000 美元为发达国家，人均 GDP 在 768～10000 美元为发展中国家；人均 GDP＜768 美元为不发达国家。地震巨灾主要发生在发展中国家（图 4-8））

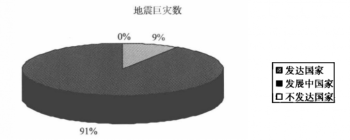



图 4-8　经济水平和地震巨灾事件的关系

**表 4-3　部分亚洲地震巨灾所处的地区人口、经济状况一览表**

| 地震名称 | 人口 | 经济 |
| --- | --- | --- |
| 唐山地震 | 人口稠密 | 重要的重工业城市、交通枢纽、近首都的特殊区位 |
| 阪神地震 | 这次震灾最严重的商业港口城市——神户约有 150 万人口，地震造成的伤亡人数为 3 万多人，约占全部受灾人数的 2%，其中死亡 5000 多人，约占 0.35%，应当说比例是相当低的 | 这次地震殃及日本第二大经济圈阪神地区。大阪、神户一带是日本重要的工业基地之一，经济发达。神户港是亚洲最大的港口之一。包括神户市在内的兵库县是日本重要工业生产基地之一，这里集中了神户制铁、川崎制铁、三菱重工、本田汽车等一批具有代表性的日本重工制造业。素有国际都市之称的神户市更是华侨较为集中的地方 |
| 伊兹米特地震 | 稠密 | 发达，人口约 100 万的伊兹米特市是土耳其重要的工业中心，许多外国汽车、石化和机械公司在此设厂，包括本田、丰田、现代、固特异和曼尼斯曼等厂商。其年产值占全国国民生产总值的 37%，税收收入占全国的 57% |

续表

| 地震名称 | 人口 | 经济 |
| --- | --- | --- |
| 台湾集集地震 | 稠密 | 经济比较发达 |
| 印度古吉拉特邦地震 | 古吉拉特邦位于印度的西部，西北与巴基斯坦接壤，面积 19.6 万 $km^2$，人口 4800 万，人口密度 245 人/$km^2$，与我国的江西省（人口密度为 249 人/$km^2$）相当；海岸线长达 1600 km，有 40 多个港口，首府艾哈迈德达巴德人口 500 万（含郊区） | 该邦是印度第二个经济发达地区，主要工业有宝石加工、纺织、化工和医药等，一些著名跨国公司在这里投资建厂。库奇地区的地震灾区内有大约 500 多个村庄，有一条铁路，没有国家级高速公路，通过地方公路连接城镇和村庄。这次地震的震级与我国 1976 年的唐山地震相当，震源深度也相当，均为 22 km，因此破坏性极大。幸运的是，震中地区最大的城市普杰市只有 15 万人口，另外有几个有数万人口的小城镇，避开了人口集中的大城市 |
| 伊朗巴姆地震 | 震区人口密度高，极震区巴姆是一座旅游城市，此次死亡人数较大的地区主要位于人口密度相对较高的老城区，据说有约 8 万人口居住在老城区 | |
| 印度洋地震海啸 | 震中为无人居住的海洋，故地震本身造成的伤亡不多，但地震产生的海啸袭击了几百、几千千米外不设防的海岸带，人口密集，故灾害严重 | |
| 巴基斯坦地震 | 人口相对稠密 | |
| 汶川地震 | 人口相对稠密，经济相对比较发达的沿山经济带 | |

20 世纪 50 年代后，随着亚洲各国卫生和医疗条件的改善，人口进入高速增长阶段。人口的高速增长，促进城市发展迅速。当前，亚洲是世界上城市人口增长速度最快、大城市涌现最多的一个地区。预计到 2020 年，城市人口将达到亚洲总人口的 50%，亚洲将成为全球城市人口最集中的地区，地震巨灾风险必将增大。

## 二、亚洲地震巨灾事件的时间分布特征解析

### （一）亚洲地震巨灾的时间分布

#### 1. 地震巨灾事件的时间分布

亚洲地震巨灾事件的时间分布如图 4-9 所示。以每十年为一阶段，1970 年以来地震巨灾发生频次呈上升趋势（图 4-10），特别是 1988 年以后地震巨灾明显增多，震级都在 6.5 级别以上。分析其原因，可能有以下两点。

（1）据研究，近 100 年来中国大陆及邻近地区，地震在时间序列上时强时弱，大致形成了 1902—1912 年、1920—1934 年、1945—1957 年、1969—1978 年、1988 年以后 5 个活跃幕。21 世纪初，地震仍处于活跃幕。从图 4-10 中可以看出，这几个活跃幕中发生地震巨灾的频次分别为 1969—1978 年 1 次、1988—1999 年 6 次和 2000—2010 年 5 次，由此可见，巨灾的发生频次与区域地震活动性存在着明显的正相关。

（2）也与区域人口和经济的发展有着密切的关系。进入 20 世纪，特别是 20 世纪 50 年代后，由于卫生和医疗条件的改善，亚洲国家普遍人口高速增长，城市发展迅速，成为世界上城市人口增长速度最快、大城市涌现最多的一个地区。在 20 世纪 90 年代之后，很多亚洲国家进入了加速发展时期，但生活水平低下，防灾减灾能力不足，这也是地震巨灾事件发生频次增长的重要原因。

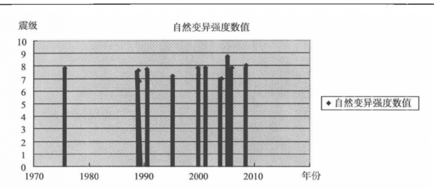



图 4-9　1970 年以来亚洲地震巨灾的时间分布

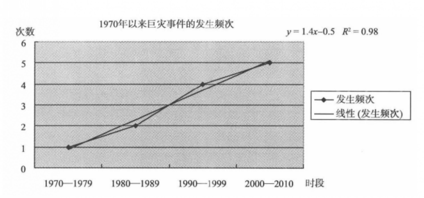



图 4-10　1970 年以来不同时段亚洲地震巨灾事件发生频次

2. 地震巨灾造成的死亡人数的时间分布

由图 4-11,图 4-12,图 4-13 可见,20 世纪 80 年代是巨灾造成死亡人数较低的阶段,进入 90 年代以后逐步呈上升趋势,进入 21 世纪以来,无论从单次地震死亡人数和阶段死亡人数上都有了明显的增加。这与地震巨灾事件频次的增多有关,也与这些震区人口增长,但人们防震减灾能力的严重欠缺密切相关。

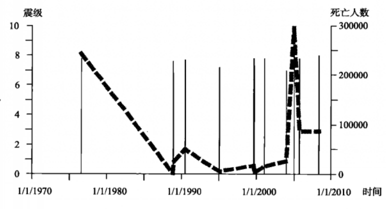



图 4-11　亚洲地震巨灾事件死亡人数—时间和震级—时间图

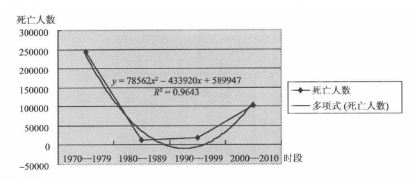



图 4-12 1970 年以来亚洲地震巨灾造成的单次地震死亡人数随时间的变化

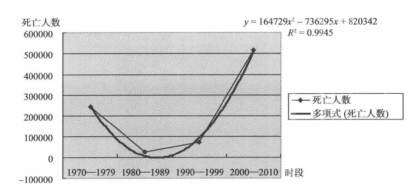



图 4-13 1970 年以来亚洲地震巨灾造成的死亡人数随时间的变化

3. 地震巨灾造成的直接经济损失的时间分布

由图 4-14,图 4-15 可见,从 20 世纪 70 年代到 21 世纪初地震巨灾造成的直接经济损失是呈上升趋势的。这与亚洲社会经济承灾体的脆弱性增长有着密切的关系。

从图 4-16 可以看出,死亡人数随时间变化与地震巨灾强度的变化更为同步,而直接经济损失与地震强度的变化往往可能相背。主要原因可能是,亚洲这些地震巨灾事件往往是在缺乏预报或人们处于放松(如睡觉)的状态下发生的,在强度不是很高的地震面前具有能动性的人更能发挥群体或个体的防震应急能力,从而减少人员的伤亡,但当强度很大的地震发生,远

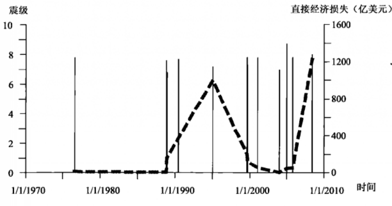



图 4-14 亚洲地震巨灾直接经济损失—时间和震级—时间图

远超出了现今应对能力的情况下，势必加大人员的伤亡。因此，应当进一步提高社会群体的防震应急能力。与之相比，即使自然变异强度等级稍低的地震，也足以导致巨大的经济损失，即使是当今的发达国家的防震减灾能力可能也只能与更低等级的地震相抗衡，从亚洲地区整体上看，随着经济的发展，其经济脆弱性可能是在提高而不是在降低。

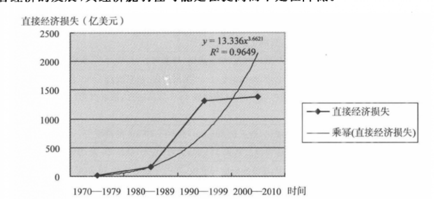



图 4-15　1970 年以来亚洲地震巨灾造成的直接经济损失随时间的变化

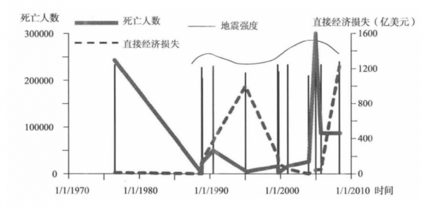



图 4-16　1970 年以来亚洲地震巨灾频度、人员死亡和直接经济损失随时间的变化

4. 地震巨灾造成的间接损失与时俱进

地震巨灾造成的间接损失主要是指地震次生灾害造成的损失（表 4-4），包括液化、山崩、滑坡、地裂、海啸及水灾、火灾、瘟疫等。

因地震作用，灾区产生大量的崩塌、滑坡及不稳定斜坡体组成物质，其结构比较松散，在强降雨和余震的诱发下则会产生次生地质灾害，而且次生灾害对环境产生的破坏明显强于地震本身造成的破坏，表 4-4 记录了亚洲地震巨灾的主要次生灾害概况。1902 年中国新疆阿图什地震引发的余震不断，延续了 10 年之久；1920 年中国宁夏海原地震引起严重的滑坡，摧毁道路，堵塞河谷，掩埋村庄；1934 年印度—尼泊尔地震，由于土壤液化，造成长 200 km，宽 60～70 km 的滑坡带。

据 1700 多年的资料表明，全球有记载的破坏性较大的地震海啸约发生 260 次，平均 6～7 年发生 1 次。其中，发生在环太平洋地震带上的地震海啸约占 80%，而日本列岛及其邻近海域发生的地震则占太平洋地震海啸的 60%，日本是世界上遭受海啸影响最为严重的国家。1923 年日本关东地震导致的海啸次生灾害，海浪卷走 1000 多所房屋，船只沉没 8000 多艘，当地时间 11:58 正

地震造成的火灾、瘟疫也会造成严重的人员伤亡及财产损失。1966 年中国河北邢台地震，灾区共发生事故性火灾 115 起，烧死 16 人，烧伤 26 人，烧毁简易房 153 间。

表 4-4　亚洲地震巨灾事件主要次生灾害简表

| 事件名称 | 主要次生灾害简述 |
| --- | --- |
| 1902 年中国新疆阿图什地震 | 余震不断，延续了 10 年之久。 |
| 1920 年 12 月中国宁夏海原地震 | 地震引起严重的滑坡，摧毁道路，堵塞河谷，掩埋村庄，疾病流行。 |
| 1923 年 9 月日本关东地震 | 海啸规模 2 级，海浪卷走 1000 多所房屋，船只沉没 8000 多艘。当地时间 11:58 的地震，正值做午饭时间，火灾烧毁 44.7 万所房屋，东京市死亡人数的 95% 是被烧死或窒息而死。 |
| 1934 年 1 月印度—尼泊尔地震 | 由于土壤液化，造成长 200 km，宽 60～70 km 的滑坡带。 |
| 1966 年 3 月中国河北邢台地震 | 灾区共发生事故性火灾 115 起，烧死 16 人，烧伤 26 人，烧毁简易房 153 间。 |
| 1970 年 1 月中国云南通海地震 | 30 余处较大规模的山崩和滑坡，其中一处滑坡使 50 间房屋滑移 100 余 m，公路多处受阻，部分河道成地震湖。 |
| 1976 年 7 月中国河北唐山地震 | 火灾 457 起，烧死 52 人，毒气污染 7 起，死亡 3 人，中毒 18 人。工业废渣堆滑坡 1 起，死亡 30 多人。 |

加的趋势。结合热带气旋发生强度,可见基本上呈现出与灾害强度一致的变化规律,即灾害越严重,经济损失越严重。

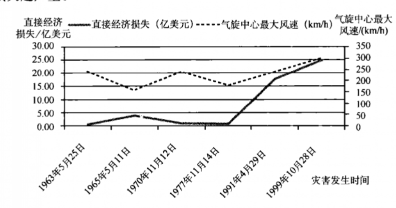



图 4-17 亚洲热带气旋巨灾直接经济损失

邻近孟加拉湾的孟加拉国、印度既是热带气旋灾害高发区,同样也是重灾区,特别是 1991 年发生在孟加拉国、1999 年发生在印度的巨灾,是历次之最(图 4-18,图 4-19)。前者为该国近 20 年来最强烈的气旋风暴,持续达 8 个多小时,气旋中心最大风速达 65.3 m/s,中心最低气压 952 hPa,强风激起 6～7 m 高的海浪,造成 17.8 亿美元的经济损失。后者是印度孟加拉湾地区近 30 年来最严重的热带气旋灾害,狂风掀起的巨浪高达 10 m,许多城镇和村庄被洪水包围,损失高达 25 亿美元。

1900 年以来,亚洲气象水文巨灾造成的生命线工程破坏情况记录比较翔实的是风暴潮灾害,大部分都发生在中国沿海地区和孟加拉湾。风暴潮巨灾来临致使海堤决口、冲毁,海浪上岸冲毁通讯设备、马路、桥梁、码头,甚至铁路、机场设施,导致民众生活受到严重影响、工厂停工,甚至社会系统的全面瘫痪。

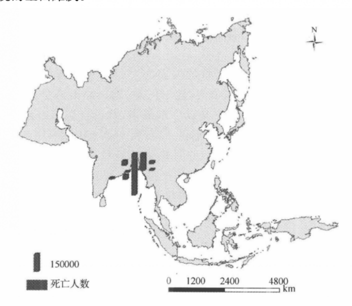



图 4-18 南亚热带气旋巨灾死亡人数空间分布图

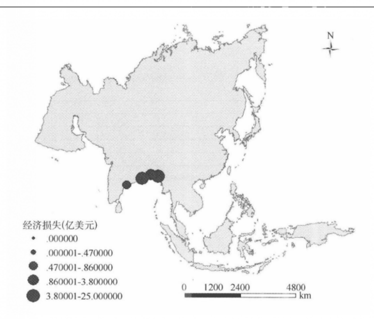



图 4-19　南亚热带气旋巨灾直接经济损失空间格局

时间上，从资料记载中可以发现，发生在中国的风暴潮巨灾造成的生命线工程破坏由“尽毁”到“部分毁坏”，程度上随时间推移有所缓和。这与逐渐巩固的工程技术措施密不可分。发生在孟加拉湾的风暴潮由于灾害强度本身有所增强，因而造成的生命线工程破坏程度也呈增强的趋势。

空间上，生命线工程破坏最严重的是 1991 年发生在孟加拉湾地区的巨大潮灾，在强风、海潮、暴雨三重打击下，孟加拉全国 1/4 的铁路、公路、桥梁、机场、码头、发电厂、水厂、输变电站设施均告瘫痪。其次是 1959 年发生在日本伊势湾的风暴潮巨灾，38 个县遭到了严重创伤，电线、电话线断裂，铁路、机场设施被毁；本州岛中部的工厂全部关闭，日本几乎陷入瘫痪状态。中国历次风暴潮灾害都会造成部分海堤的决口，登陆的海浪毁坏道路交通、通信设施。

我国是世界上受热带气旋影响最严重的国家之一。热带气旋登陆地点几乎遍及我国沿海，但有明显区域差异。近 50 年来，华南(桂、粤、琼、闽、台)沿海是热带气旋集中登陆地区，次数约占全国登陆总数的 90%，其中又以广东最多，约占全国总登陆次数的 33%；其次是台湾，约占 20%；再次为海南和福建，分别占 17%和 16%(见(彩)图 4-20)。热带气旋的登陆地点因季节的不同亦有较大变化，5—6 月热带气旋只登陆华南各省区；7—8 月，登陆地点扩大到其他沿海地区；9—10 月，主要为长江口以南；11 月，仅粤、琼、台有热带气旋登陆；12 月仅广东有热带气旋登陆。不同强度的热带气旋的主要影响区域亦有差异，其中台风登陆最多的是台湾，其次为广东；强热带风暴和热带风暴登陆最多的是广东，其次为海南和福建[21]。

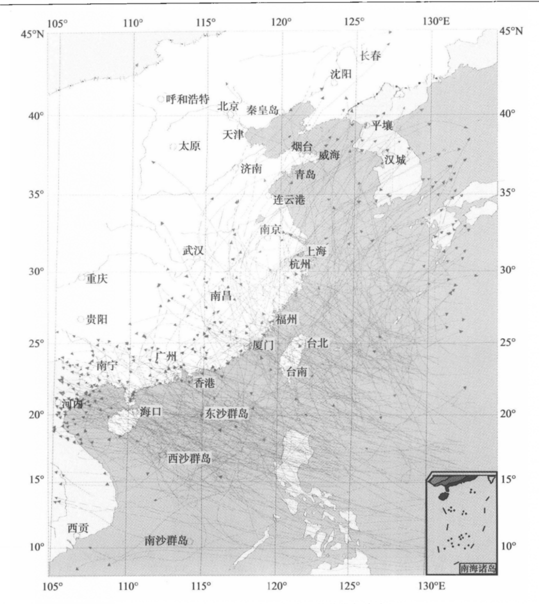



图 4-20　1949—2000 年入侵中国的热带气旋路径

## 二、亚洲热带气旋巨灾的时间分布特征

1988 至今是亚洲热带气旋的多灾频发的时段，图 4-21 给出亚洲热带气旋巨灾的时间分布图。

图 4-22，图 4-23，图 4-24，图 4-25 显示，热带气旋在 20 世纪 90 年代以来造成的人员伤亡逐步上升，而这些造成万人以上伤亡的巨灾事件都是集中发生在孟加拉湾沿岸的，因此将孟加拉湾发生的巨灾事件和中国发生的热带气旋灾害事件进行分别统计。结果表明，中国热带气旋巨灾死亡人数随时间是呈明显下降趋势的，主要是由于预警、防洪工程和救援的水平提高，使得防灾减灾能力增强。而南亚热带气旋巨灾造成的人员伤亡并无明显变

化，这主要是由于这些地区人口高度密集，但经济水平十分落后，防灾减灾工程等方面远远不及需求所致。

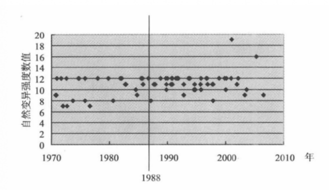



图 4-21 亚洲热带气旋巨灾频度变化

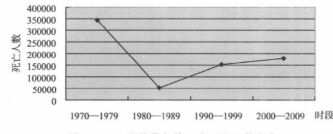



图 4-22 亚洲热带气旋巨灾死亡人数变化

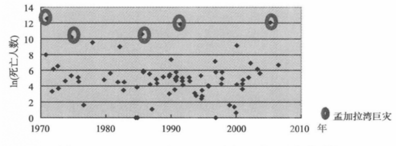



图 4-23 亚洲热带气旋巨灾事件死亡人数—时间关系图

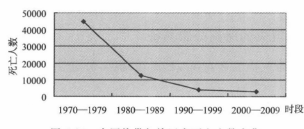



图 4-24 中国热带气旋巨灾死亡人数变化

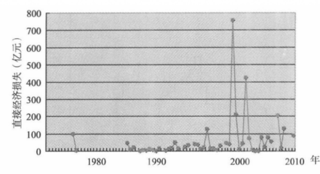



图 4-25　中国热带气旋巨灾经济损失变化

如图 4-25 所示，中国热带气旋巨灾造成经济损失最高的年份是 1996 年和 1997 年，前三个损失最大的事件是 0601 号台风、象神 06、莫拉克 09。中国的城市化在 20 世纪 90 年代之后进入了加速发展时期，中国热带气旋造成的经济损失是呈逐步增长的趋势。

南亚热带气旋造成的巨灾事件呈波动趋势(图 4-17)。

## 第四节　其他巨灾事件分布规律解析

亚洲南北跨越 80 余个纬度，从赤道到北极，温度相差悬殊；东临太平洋，南毗印度洋，两大水蒸气的主要来源，使亚洲降水丰富，而西部内陆地区距离海洋遥远，非常干燥。如此极端变化，使亚洲气象灾害非常严重。暴雨区主要分布在东南亚和濒太平洋地带，干旱区集中在中东和西北地区。气象灾害分布具有显著的纬向地带性。

各类自然灾害的分布都有地带性和方向性的特点。地球上第一条巨大的灾害带为北半球中纬度灾害带。在 20°—40°N 之间，集中出现了地震、热带气旋、风暴潮、风暴海浪、飓风和龙卷风等灾害，同时这一带也是干旱、洪涝、低温冷害、雪灾、地质灾害及农业生物灾害最为严重的地带。地球上第二条巨大的灾害带为环太平洋灾害带。这是世界上地震、火山、热带气旋、风暴潮灾害最为集中的地带，干旱、洪涝、低温冷冻害、雪灾、地质灾害和农业生物灾害也非常严重。据统计，20 世纪全世界约 80％的大灾发生在这两个地带。中国恰巧位于这两条灾害带交汇的部位。

全球大多数气象灾害与海洋灾害主要分布在 60°N 与 50°S 之间的范围内，特别是 20°—45°N。从图 4-26 全球降水纬度分布的特征与强震活动水平随纬度变化的事实，以及大陆纬向构造带和洋流及强热带风暴、多雨区的纬向分布来看，显然地球自转的动力场对气象灾害与海洋灾害的分布起着主要的控制作用。

在中低纬度范围内，大洋的西缘或大陆的东部及向赤道部分，是气象灾害与海洋灾害最集中的地区(图 4-1)；而在中高纬度范围内大洋的东缘或大陆的西部，则是低温冷害较多的地区。

气象灾害主要是由水圈和大气圈的异常运动引起的，因此主要受大气运动场和海洋运动场的控制。由于地下的放热、放气及构造运动引起的地形地貌作为下垫面也影响了局部性的大气和海洋之活动，因此气象灾害与海洋灾害的分布，在一些地区也受着活动性构造体系的间接制约或影响。

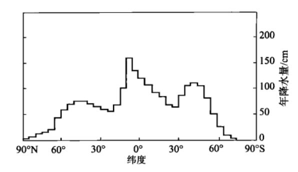



图 4-26　全球平均降水的纬度直方图(据 Van Riper 1971 的资料修改)

在大陆上,经向或北东、北北东、北西、北北西向山脉的东侧,气象灾害较多。在海洋中赤道东风带与南北西风带与走向近南北的海流交汇的地区,海洋灾害较多。

由于自然与人为的共同作用,地球表面形态发生变化,因此不仅直接控制了许多自然灾害,如洪涝灾害、地质灾害的分布,而且作为下垫面也影响了天气系统和水文系统。地貌形变在自然灾害形成与分布中起着重要作用,一般说在下降区洪涝灾害加重,在上升区山地灾害加重,在升降交界的地带地震及地质灾害严重。

地质灾害的分布分两种类型,一是火山及其次生灾害,其分布严格受活动性构造体系控制,亚洲火山最多的地区是印度尼西亚、日本—菲律宾列岛,特提斯—喜马拉雅构造带;二是崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、地面塌陷、地裂缝等地质灾害,它们的形成受构造活动性、地形、地貌、岩土体性质、降水量与水文条件、植被及人类活动等多种因素所控制。由于地形地貌、降水带与水文系统、植被的分布,也受到地质构造的制约,因此宏观上看,地质灾害的分布也是受活动性构造体系所控制的。

# 结语:进一步开展亚洲巨灾事件系统解析的建议

## 一、亚洲巨灾系统解析意义重大

亚洲是干旱、热带气旋、暴雨、洪水、地震、海啸、风暴潮等巨灾最集中的地区,使亚洲各国受到共同的危害。

亚洲的巨灾具有共同的致灾环境。亚洲是世界上面积最大的大陆,具有世界上最高的高原和山脉,世界上最深的海沟;是世界上最强大的环太平洋构造带和阿尔卑斯—喜马拉雅山构造带的交汇处;是世界上东风带和西风带影响最强烈的地区,受印度高压、西太平洋副热带高压、西伯利亚高压、鄂霍次克海高压等巨大天气系统的共同控制;是厄尔尼诺和拉尼娜影响最严重的地区。需要联合研究才能认识巨灾发生发展规律。

巨灾及其灾害链,往往使亚洲多个国家受害,需要共同建立灾害预警机制,协调建设防灾工程,互相支持、互相援助。

因此,进行亚洲巨灾系统解析,建立亚洲巨灾研究中心,无疑体现了亚洲人民休戚与共、互帮互助的精神,进一步增强了亚洲人民的感情和团结,开辟了一条新的外交途径和维系亚洲人民团结的通道。

## 二、主要任务

本书只反映了巨灾事件系统解析的初步研究成果,更为深入的研究工作如下:

### (一)按照“小核心、大网络”的基本框架,建立亚洲巨灾研究中心

(1)建立亚洲巨灾信息共享平台和网站;
(2)开展巨灾形成机制模拟仿真实验;
(3)开展巨灾防御和应急响应仿真实验;
(4)巨灾风险管理模拟实验;
(5)开展亚洲减灾政策和合作机制研究,制定应对巨灾的战略和政策。

### (二)对各国巨灾减灾工作提供科技支撑

巨灾事件系统解析工作需要在灾情调查和成灾环境分析的基础上进行,主要工作是:

(1)开展热带气旋、干旱、地震等巨灾灾害链发生机理、活动规律及次生灾害关系研究,开展灾害模拟;
(2)进行巨灾灾情调查,建立巨灾数据库和信息系统;
(3)调查评估巨灾防灾能力,加强防灾基础能力建设;
(4)建立健全应对巨灾风险的体制、机制和政策措施,制定中国长三角、珠三角、环渤海和

亚洲若干重要地区的巨灾高风险区巨灾应对预案，开展应急演练；

(5)建立适合各国国情的巨灾保险和再保险体系，稳妥推进农业保险试点；

(6)举办各种形式的培训班、学术交流会；兴办学术刊物，编写专论，提高全民防范巨灾的理论水平和技能。

### (三)进行巨灾分类，制定巨灾等级标准和灾度等级标准

#### 1. 巨灾的分类

(1)突发性巨灾

①水灾：城市洪水、溃坝洪水、大面积渍涝、流域型洪水。

②风灾：热带气旋、风雹、龙卷风、暴风雪。

③海洋灾害：风暴潮、海啸。

④大地震。

⑤森林大火。

(2)持续性巨灾

①大面积干旱。

②土地荒漠化。

③海水入侵。

④环境灾害。

#### 2. 巨灾灾度等级标准

根据灾情，参考亚洲各国及国际标准制定，包括：

(1)绝对指标：死亡人口、成灾人口、对环境破坏面积等。

(2)相对指标：人口死亡率、损失深度、成灾人口率等。

### (四)建立亚洲巨灾信息系统

(1)建立亚洲巨灾数据库。收集20世纪及更长时间巨灾基础数据和灾例，内容包括发生时间、地点、范围、强度、过程、防灾措施、损毁情况、灾害损失、对社会影响等。

(2)建设快速传递系统。开展亚洲区域巨灾信息交流。

### (五)研究亚洲巨灾分布规律

(1)以地理信息系统为基础，编制亚洲巨灾分布图。

(2)编制巨灾发展态势图。

(3)编制巨灾时序图。

(4)在以上工作基础上，结合亚洲自然地理环境轮廓，研究亚洲巨灾空间分布规律；结合太阳活动、地壳运动、海洋与大气活动变化周期，研究亚洲巨灾时间分布规律。

### (六)研究亚洲巨灾形成机制

(1)以地球系统科学为指导，在全面研究天、地、水、气异常变化的基础上，探索巨灾灾害源和巨灾灾害链之原生灾害的形成机制。

(2)根据构造系统、海洋系统、气候系统的变化规律,探索巨灾发展演变规律。

(3)参考社会易损性研究巨灾的破坏效应,包括人员伤亡、经济损失、影响社会发展、破坏环境等。

(4)亚洲区域防灾能力评估和减灾作用研究。

## (七)建立亚洲巨灾综合减灾互动机制

(1)研究巨灾发生发展规律,根据各国对巨灾的监测预测,向巨灾灾害链下游国家和地区提出灾害预警。

(2)研究区域灾害承载力,根据各国巨灾预报所提供的灾害强度、灾害影响范围,对区域灾害风险进行预评估,为防灾救灾提供参考资料。

(3)研究巨灾防灾救灾经验教训,研制巨灾应对预案,通过中心平台提供给受灾国家参考。

(4)举办各种形式的培训班、学术交流会;兴办学术刊物,编写专论,共同提高亚洲各国防范巨灾的理论水平和技能。

# 参考文献

[1] 高庆华,马宗晋. 2009. 中国自然灾害综合研究的进展. 北京:气象出版社,262-274.
[2] 孙根年,黄春长. 2003. 关中盆地地—气系统灾变的节率性及耦合关系. 自然灾害学报,**12**(4):40-46.
[3] 高庆华. 1991. 自然灾害系统论概说. 科学导报,(2):51-54.
[4] 高庆华,等. 2008. 自然灾害系统与减灾系统工程. 北京:气象出版社,57-74.
[5] 高庆华,张业成. 1997. 自然灾害灾情统计标准化研究. 北京:海洋出版社,24-49.
[6] 高庆华,等. 2007. 自然灾害评估. 北京:气象出版社,127-201.
[7] 刘燕华,李矩章,赵跃龙. 1995. 中国近期自然灾害程度的区域特征. 地理研究,**14**(3):14-25.
[8] 孙卫东. 1993. 相对灾度的提出及其实际意义. 灾害学,**8**(3):88-89.
[9] 赵阿兴,马宗晋. 1993. 自然灾害损失评估指标体系的研究. 自然灾害学报,**2**(3):1-7.
[10] 高庆华,等. 2005. 中国自然灾害风险与区域安全性分析. 北京:气象出版社,107-155.
[11] 冯利华. 1993. 灾害损失的定量计算. 灾害学,**8**(2):17-19.
[12] 冯志泽. 1996. 自然灾害等级划分及灾害分级管理研究. 灾害学,**11**(1):34-37.
[13] 魏庆朝,张庆珩. 1996. 灾害损失及灾害等级的确定. 灾害学,**11**(1):1-4.
[14] 孙振凯,等. 1994. 自然灾害灾情划分指标研究. 灾害学,**9**(2):84-87.
[15] 周雍年,张晓志. 1999. 社会可接受的地震人员死亡率研究. 自然灾害学报,**8**(4):35-40.
[16] 马玉宏,谢礼立. 2001. 我国社会可接受地震人员死亡率研究. 自然灾害学报,**10**(3):56-63.
[17] 高庆华,等. 2009. 中国防震应急分区对策研究. 北京:气象出版社,99-116.
[18] 高庆华,等. 2011. 论地震风险. 北京:气象出版社,71-122, 190-219.
[19] 马宗晋,方蔚青,高文学,等. 1992. 中国减灾重大问题研究. 北京:地震出版社,78-176.
[20] 国家科委国家计委国家经贸委自然灾害综合研究组. 1997. 中国自然灾害区划与保险区划. 中国人民保险公司,168-184,216-222.
[21] 高庆华,等. 2011. 中国第四纪气候变化与自然灾变发展趋势预测研究. 北京:气象出版社,40-41.
[22] 李四光. 1969. 天文 · 地质 · 古生物资料摘要(初稿)//李四光全集(第八卷). 武汉:湖北人民出版社,598-615.
[23] 苗会强,等. 2008. 汶川地震次生灾害的成因、成灾与治理. 地质灾害与环境保护,19(4):1-5.
[24] 薛秋芳,姚学祥. 1995. 1991 年孟加拉国气旋性风暴灾害的综合分析. 中国减灾,**5**(1):27-31.
[25] 施国强. 1995. 1991 年孟加拉湾特大台风灾害. 自然灾害学报,**4**(1):98-103.
[26] 王允宽. 1996. 青藏高原地形对孟加拉湾热带气旋影响的对比研究. 大气科学,**20**(4):445-451.
[27] Md. Nuruzzaman Haque. 张广翠,王晓璐审译. 2007. 孟加拉国人口分布研究. 人口学刊,**6**:38-40.
[28] 张先恭. 1986. 本世纪我国降水振动及其与太阳活动关系的初步分析//天文气象学术讨论会文集. 北京:气象出版社.

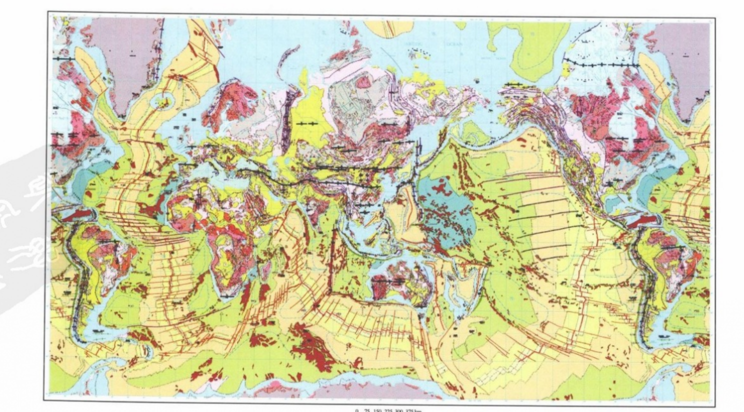



图2-12 全球构造与超大型矿产分布图

本图巨灾标准为死亡人口>10万
直接经济损失>10亿美元

0 75 150 225 300 375 km

纬向构造(带)体系
经向构造(带)体系
网状(共轭)断裂系
山字型构造体系
歹字型构造体系
新华夏构造体系
多字型构造体系
大洋裂谷系
全球扭转构造体系
帚状旋转构造体系
环状旋卷构造体系
褶皱及褶皱带
俯冲带
冲断层
正断层
平错(扭，走滑)断层
大陆裂谷
大洋海岭，海山
大洋海盆
海沟
地震高裂度(>Ⅵ)区
热带风暴多发区
(>1~2次/年平均)
多雨区
(年降水量>1000 mm)
少雨区
(年降水量<1000 mm)
地震灾害
干旱灾害
洪涝灾害
热带气旋灾害
其他灾害
地貌隆起带
39 巨灾编号
(点周编号可出现具体资料)

世界各种重大自然灾害发生比例

世界各地重大自然灾害发生比率

图4-1　全球构造体系与20世纪重大自然灾害分布图

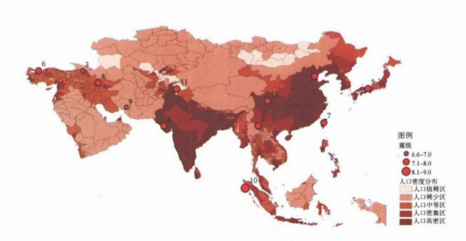



图 4-5　1970 年以来亚洲地震巨灾与人口密度分布

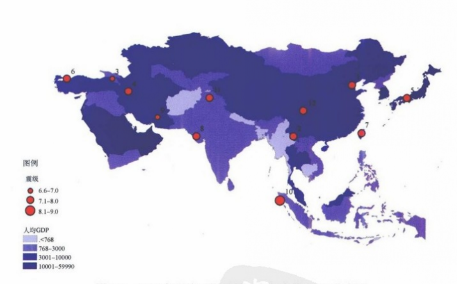



图 4-7　1970 年以来亚洲地震巨灾与人均 GDP 分布图

（注：根据人均 GDP 划分，人均 GDP＞10000 美元为发达国家，人均 GDP 在 768～10000 美元为发展中国家；人均 GDP＜768 美元为不发达国家。地震巨灾主要发生在发展中国家(图 4-8)）

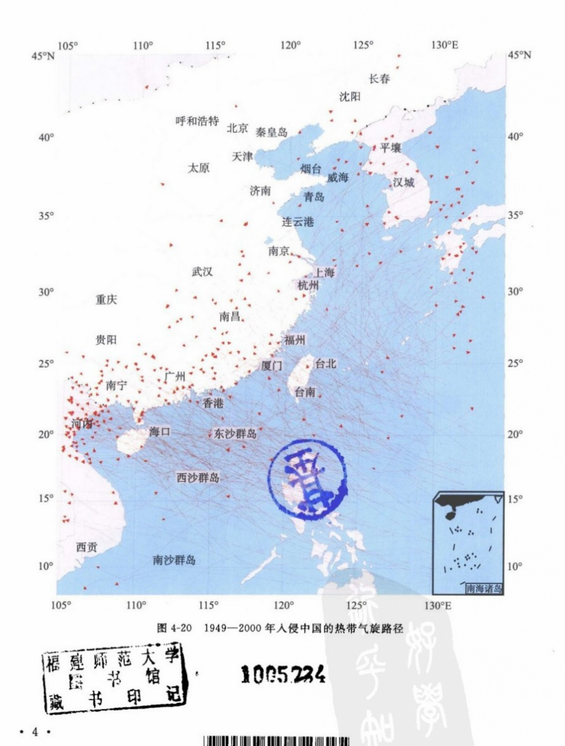



图 4-20　1949—2000 年入侵中国的热带气旋路径